

1-1-2018

## **Propuesta de un sistema de tratamiento para las aguas residuales generadas durante el proceso de limpieza de la papa; caso de estudio planta de lavado de Pasca, Cundinamarca**

Marly Alejandra Cardozo Santos  
*Universidad de La Salle, Bogotá*

Jessica Camila Pardo Rodríguez  
*Universidad de La Salle, Bogotá*

Follow this and additional works at: [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitaria](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria)

---

### **Citación recomendada**

Cardozo Santos, M. A., & Pardo Rodríguez, J. C. (2018). Propuesta de un sistema de tratamiento para las aguas residuales generadas durante el proceso de limpieza de la papa; caso de estudio planta de lavado de Pasca, Cundinamarca. Retrieved from [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitaria/745](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/745)

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería Ambiental y Sanitaria by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact [ciencia@lasalle.edu.co](mailto:ciencia@lasalle.edu.co).

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES  
GENERADAS DURANTE EL PROCESO DE LIMPIEZA DE LA PAPA; CASO DE  
ESTUDIO PLANTA DE LAVADO DE PASCA, CUNDINAMARCA

MARLY ALEJANDRA CARDOZO SANTOS

JESSICA CAMILA PARDO RODRÍGUEZ

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

BOGOTÁ D.C

2018

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES  
GENERADAS DURANTE EL PROCESO DE LIMPIEZA DE LA PAPA; CASO DE  
ESTUDIO PLANTA DE LAVADO DE PASCA, CUNDINAMARCA

MARLY ALEJANDRA CARDOZO SANTOS

JESSICA CAMILA PARDO RODRÍGUEZ

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental y Sanitario

Director

OSCAR FERNANDO CONTENTO RUBIO

Ingeniero químico

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

BOGOTÁ D.C

2018

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

**Ingeniero Oscar Fernando Contenido Rubio**

DIRECTOR

---

**Ingeniero Jesús Alfonso Torres Ortega**

JURADO 1

---

**Ingeniero Pedro Alfonso Villa Sacristán**

JURADO 2

**Bogotá D.C.**

**2018**

## **DEDICATORIAS**

### **Dedicatoria, Marly Alejandra Cardozo Santos**

Este trabajo de grado quiero dedicarlo primeramente a Dios por darme la oportunidad de estudiar, guiarme por el buen camino y darme fuerzas para seguir adelante y no desfallecer ante los problemas que se me presentaron en el camino, hoy digo con orgullo, gracias a ti he alcanzado este logro tan importante para mí y pongo en tus manos los nuevos caminos que se abren en mi vida. Gracias por brindarme tu inmenso amor que es reflejo de las bendiciones que recibo día a día.

A mis papitos, Hugo Cardozo y Ana Emilse Santos, que me brindaron su confianza y oportunidad para que yo estudiara, infinitas gracias por ser ese ejemplo de trabajo, dedicación y esfuerzo, por ser el motor de mi vida, por desvelarse, cuidarme y guiarme en las decisiones de la vida, gracias por ese amor incondicional único y bonito. Gracias por ser mis cómplices y convertirme en la mujer que soy. A mi hermana por ser mi confidente, compañera y amiga, y por llenarme de alegría en los momentos difíciles; mi amor y agradecimiento eterno siempre para ustedes. ¡LOS AMO!

A mis angelitos en el cielo “abuelito, abuelita, tío y Julis” que me cuidan desde donde estén. Finalmente, a mi compañera de estudio y amiga Jessica Pardo, por todo el esfuerzo, apoyo, paciencia, lucha y entrega en cada uno de los retos que nos enfrentamos en el transcurso de la carrera y que hoy recibimos con alegría el logro de poder graduarnos. Porque un día lo soñamos, durante mucho tiempo lo construimos y hoy lo hemos hecho realidad.

## **Dedicatoria, Jessica Camila Pardo Rodríguez**

Este trabajo de grado va dedicado en gran medida al ser más importante al que más amo por el cual respiro; mi guía, mi fortaleza, mi mejor amigo en una palabra mi TODO. Dios esto es gracias a ti y porque sin ti y tus millones de señales, enseñanzas y pruebas no sería la mujer que soy y llegaría a estar donde me encuentro hoy. Gracias padre eterno por esta experiencia y por las cosas que pusiste a lo largo de este camino y por tu amor que me mantuvo fuerte para acabar esta etapa. Gracias a ti también virgencita María por escucharme e interceder por mí en todo momento y en cada circunstancia.

A Guillermo Pardo y Marlen Rodríguez mis padres, gracias por creer en mi sueño por apoyarme de principio a fin, en los buenos momentos y en los difíciles donde sentía que no podía más, ahí estuvieron para apoyarme y darme ánimo, este título más que mío es de ustedes. Gracias a mis hermanos Claudia, César y Brayan por apoyarme y alentarme cuando ni yo creía en mí, gracias por sus oraciones y sus buenos deseos a lo largo de mi carrera y de mi vida. Y a mi familia completa Gracias por que en gran parte ellos fueron mi inspiración y motor.

Quiero dedicarle este proyecto a mi ángel Erika Alejandra Rodríguez que desde el cielo me acompaña y me inspiro, recíbelo con amor por que lo hice pensando en ti amiga mía.

A mi compañera de tesis Marly Cardozo que empezó de ser una compañera de luchas a convertirse en una amiga en todo el sentido de la palabra, gracias por confiar en mí, por luchar, perseverar y nunca tirar la toalla creo que no hubiese podido conseguir una compañera mejor.

## **AGRADECIMIENTOS**

Principalmente a Dios por que ha sido nuestro guía durante el transcurso de nuestras vidas y en especial en esta etapa que culminamos, siendo el nuestra fuerza, apoyo y fe cuando decaemos en los momentos difíciles, recibiendo de él siempre una respuesta y bendiciones infinitas.

A nuestras familias, y en especial a nuestros padres por brindarnos su apoyo, acompañamiento y amor; ellos fueron nuestro impulso y motor para lograr este título.

A nuestro director de tesis, Oscar Fernando Contento Rubio por creer en nuestra idea, por su paciencia, tiempo y ayuda incondicional, por apoyarnos y guiarnos con sus conocimientos y sus valiosos consejos.

A los Ingenieros Pedro Villa y Jesús Torres quienes con sus aportes, orientación y enseñanzas supieron encaminar este proyecto para obtener este resultado que nos enorgullece.

Al Ingeniero Jonathan Álvarez Rodríguez por su paciencia y aporte ingenieril en las propuestas de este proyecto.

A todos nuestros compañeros y amigos con los que compartimos esta hermosa etapa universitaria, por las experiencias, momentos, enseñanzas y vivencias que nos hacen ser hoy las mujeres y las profesionales en que nos convertimos.

**Las Autoras.**

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .....	1
ABSTRACT .....	2
1. INTRODUCCIÓN .....	4
2. ANTECEDENTES .....	5
3. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	8
3.1 Descripción del problema.....	8
4. OBJETIVOS .....	9
4.1 General .....	9
4.2 Específicos .....	9
5. MARCO TEÓRICO .....	9
6. MARCO LEGAL .....	12
7. MARCO CONCEPTUAL .....	13
7.1 Tecnologías usadas en el lavado de la papa.....	13
7.2 Problemática ambiental del lavado de la papa .....	14
8. METODOLOGÍA.....	15
9. GENERALIDADES DEL LUGAR DE ESTUDIO Y PLANTA DE LAVADO.....	18
9.1 Ubicación del área de estudio .....	18
9.2 Climatología del lugar de estudio.....	19
9.3 Hidrografía del lugar de estudio.....	19
9.4 Sitio de estudio .....	20
9.5 Lavadora de papa .....	20
10. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	21
10.1 Análisis diagnóstico .....	21
10.1.1 Parámetros in- situ .....	21
10.1.1.2 Análisis de los resultados .....	21
10.1.2 Parámetros ex - situ .....	25
10.1.2.1 Análisis de los resultados .....	25
11. TRATABILIDAD DEL AGUA.....	27
12. DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL DEL LAVADO DE PAPA.....	31
13. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO .....	38
13.1 Cribado .....	38
13.2 Desarenador .....	39
13.3 Tanque de homogenización .....	40



13.4 Tanque de floculación .....	40
13.5 Lechos de secado.....	42
14. EFICIENCIA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO .....	48
14.1 Oxidación y desinfección con cloro .....	50
15. ALTERNATIVA DE RECIRCULACIÓN Y REUSÓ .....	52
16. ANÁLISIS DE LODO.....	54
17. PRESUPUESTO .....	55
18. CONCLUSIONES .....	58
19. RECOMENDACIONES .....	60
20. BIBLIOGRAFÍA .....	61
ANEXOS .....	65
ANEXO 1. REGISTRO FOTOGRÁFICO.....	66
ANEXO 2. Informe de resultados LIAC.....	69
ANEXO 3. Informe de resultados LIAC Agua tratada .....	72
ANEXO 4. PLANO DIAGRAMA DE PROCESO. ....	75
ANEXO 5. PLANO CRIBADO, DESARENADOR Y TANQUE DE HOMOGENIZACION .....	76
ANEXO 6. PLANO FLOCULADOR. ....	77
ANEXO 7. PLANO LECHO DE SECADO.....	78
ANEXO 8. PLANOS DE FILTROS DE CARTUCHO.....	79
ANEXO 9. PLANO GENERAL PLANTA DE TRATAMIENTO. ....	80
ANEXO 10. PLANO PERFIL HIDRÁULICO. ....	81
ANEXO 11. INFORME DE RESULTADOS UN LODO .....	82
ANEXO 12. MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.....	83

## TABLA DE TABLAS

Tabla 1. Normatividad aplicable .....	12
Tabla 2. Parámetros In-Situ.....	21
Tabla 3. Parámetros Ex-situ. ....	25
Tabla 4. Resultados sulfato de Aluminio .....	28
Tabla 5. Resultados PAC + Floculante Aniónico. ....	28
Tabla 6. Resultados Sulfato de Aluminio + Floculante .....	29
Tabla 7. Resultados Sulfato de Aluminio + Floculante Aniónico.....	29
Tabla 8. Resultados PAC + Floculante Catiónico.....	29
Tabla 9. Comparación de los parámetros con la normatividad .....	30
Tabla 10. Características de las rejillas. ....	38
Tabla 11. Dimensiones del Cribado. ....	46
Tabla 12. Dimensiones desarenador.....	46
Tabla 13. Dimensiones Tanque de homogenización.....	46
Tabla 14. Dimensiones tanque de Floculación.....	47
Tabla 15. Dimensiones lechos de secado. ....	48
Tabla 16. Calidades y rendimientos obtenibles de los procesos de tratamiento de aguas residuales. ....	49
Tabla 17. Dosificación química para oxidación de compuestos orgánicos.....	50
Tabla 18. Rendimiento del sistema. ....	51
Tabla 19. Comparación del vertimiento con la normatividad .....	52
Tabla 20. Comparación alternativa de recirculación y vertimiento directo .....	52
Tabla 21. Composición química del suelo .....	54
Tabla 22. Presupuesto del proyecto.....	56
Tabla 23. Costo operación mensual .....	57

## **TABLA DE GRAFICAS**

Gráfica 1. Comportamiento de la temperatura. ....	22
Grafica 2. Comportamiento del Ph.....	22
Grafica 3. Comportamiento de los sólidos sedimentables. ....	23
Grafica 4. Comportamiento de la turbiedad y el oxígeno disuelto. ....	24
Grafica 5. Comportamiento del color aparente. ....	24

## **TABLA DE DIAGRAMAS**

Diagrama 1. metodología para la propuesta del desarrollo del proyecto. ....	15
Diagrama 2. Propuesta técnica del sistema de tratamiento. ....	32
Diagrama 3. diagrama de proceso de la planta de tratamiento. ....	45

## **TABLA DE IMÁGENES**

Imagen 1. Ubicación espacial de la planta de lavado de papa. ....	20
Imagen 2. Lavadora de papa, Pasca .....	20

## RESUMEN

El presente caso de estudio se basa en una planta de lavado de papas, ubicada en el municipio de Pasca, Cundinamarca, la cual presenta una problemática ambiental ya que el agua residual del lavado es vertida directamente al río “el bosque” sin un previo tratamiento. Por tal motivo se realizó un diagnóstico del vertimiento para determinar que unidades de tratamiento se podían implementar; el análisis arrojó que el agua residual presenta un alto contenido de sólidos suspendidos totales, DBO y DQO superando los límites máximos permisibles que exige la resolución 0631/2015 y los objetivos de calidad que establece la Resolución 2833/2008 para la cuenca del río Sumapaz.

El tratamiento del agua se centró en los parámetros específicos mencionados anteriormente, por ende, se dimensionó una planta de tratamiento que consta de las siguientes operaciones unitarias cribado, desarenador, tanque de homogenización, tanque de floculación, filtros cartucho y un lecho de secado.

De acuerdo al resultado se concluye que el sistema propuesto permite obtener un efluente que da cumplimiento a la normatividad vigente aplicable para los parámetros DQO, DBO y SST, adicionalmente se analiza que el proceso no debe contar con recirculación ya que como limitante principal están los costos de inversión asociados a infraestructura, energía y demás.

**Palabras clave:** Lavadora de papas, agua residual agrícola, recurso hídrico, tratamiento de agua residual.

## **ABSTRACT**

This case study is based on a potato-washing plant, located in the municipality of Pasca, Cundinamarca, which presents environmental problems since the residual water from the washed process is poured directly into "el bosque" river without prior treatment. Therefore, a diagnosis of shedding was conducted to determine that treatment units could be deployed; the analysis showed that the residual water has a high content of total suspended solids, BOD and COD exceeding the maximum permissible limits required by resolution 0631 / 2015 and the quality objectives established by the resolution 2833 / 2008 for the "sumapaz" river basin.

The water treatment was focused on specific parameters already mentioned, thus, a treatment plant was chosen consisting of the following unit operations desander: screening, flocculation tank, homogenization tank, cartridge filters and a bedding of drying.

According to the result, it is concluded that the proposed system allows to obtain an effluent that gives compliance to the current regulations applicable for the parameters BOD, COD and SST. Additionally, it is analyzed that the process must not have recirculation due to, as main limiting are the investment costs associated with infrastructure, energy and others.

**Keywords:** Potato-washing plant, agricultural wastewater, water resource, wastewater treatment.

## LISTADO DE ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

<b>ARA</b>	Aguas Residuales Agrícolas
<b>ARnD</b>	Aguas Residuales no Domésticas
<b>DBO</b>	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)
<b>DQO</b>	Demanda Química de Oxígeno (mg/L)
<b>FEDEPAPA</b>	Federación Colombiana De Productores De Papa
<b>FAFP</b>	Fondo Nacional Del Fomento De La Papa
<b>ICA</b>	Instituto Colombiano Agropecuario
<b>CEPIS</b>	Centro Panamericano de Ingeniería y Ciencias del Ambiente
<b>SST</b>	Sólidos Suspendedos Totales
<b>SSED</b>	Sólidos Sedimentables
<b>CAR</b>	Corporación Autónoma Regional
<b>PTAR</b>	Planta de Tratamiento para Agua Residual
<b>PPM</b>	Partes por millón
<b>LIAC</b>	Laboratorio Instrumental de Alta Complejidad
<b>OMS</b>	Organización Mundial de la Salud
<b>OPS</b>	Organización Panamericana de la Salud

## **1. INTRODUCCIÓN**

El presente trabajo se refiere al tema de tratamiento de las aguas residuales agrícolas (ARA), que se puede definir como las aguas procedentes de las labores agrícolas en las zonas rurales. Estas aguas suelen participar, en cuanto a su origen, de las aguas urbanas que se utilizan, en numerosos lugares, para riego agrícola con o sin un tratamiento previo (LÓPEZ). También las ARA se caracterizan por ser las que provienen de la escorrentía superficial de las zonas agrícolas y se caracterizan por la presencia de pesticidas, sales y un alto contenido de sólidos en suspensión. (Sandra Pulido, 2013)

Según Mauricio Luque Abogado de la Universidad de Granada, se refiere de la problemática global actual del agua exponiendo que “El sector agrícola es el mayor consumidor de agua con el 65%, no sólo porque la superficie irrigada en el mundo ha tenido que quintuplicarse sino porque no se cuenta con un sistema de riego eficiente, razón principal que provoca que las pérdidas se tornen monumentales”. (SóloCiencia, 2013)

La papa es el eje fundamental de la economía local de 283 municipios Colombianos y tres departamentos: Boyacá, Nariño y Cundinamarca que, de acuerdo con Infoagro, concentran algo más del 85 por ciento de la producción total de este producto. (El campesino, 2016)

Actualmente nos enfrentamos a los efectos negativos de esta agua residual generada por el lavado de papa ya que no recibe ningún tratamiento, por lo que este efluente cargado de sedimentos y restos vegetales es vertido en ríos y drenajes municipales. Esta práctica contamina cuerpos de agua, y tiene el potencial de impactar los ecosistemas del mar. Estos sedimentos generan contaminación por el contenido de nutrientes y los residuos de pesticidas que acarrean. (Naranjo, 2010)

Hasta la fecha, no se ha determinado un diagnóstico de los efectos reales que provocan estas aguas residuales a los diferentes ecosistemas, es por ello que se hace necesario realizar estudios

y análisis para poder contribuir a la solución de este problema que, aunque no sea muy evidente si es un problema serio. Para realizar un diagnóstico de estas aguas es necesario estudiar la cantidad de agua que es empleada para el lavado de los tubérculos, la composición de esta para determinar finalmente la calidad del efluente teniendo en cuenta los parámetros de calidad de agua. Una vez hecho el diagnóstico del recurso hídrico se puede escoger la tecnología, sistema o unidad que más se adecuen a este efluente teniendo en cuenta las dimensiones del terreno en que se va a construir el sistema y por supuesto el dinero que se cuenta para el proyecto.

Para llevar a cabo el proyecto se escogió el departamento de Cundinamarca que es uno de los mayores productores de papa y en específico se centró el estudio en una planta de lavado de la misma ubicada en el municipio de Pasca- Cundinamarca.

## **2. ANTECEDENTES**

Una vez realizada la búsqueda de información sobre la temática de sistemas de tratamiento para agua residual del lavado de papa, se pudo evidenciar que la información encontrada es de baja relevancia y un aporte muy bajo tanto a nivel nacional como internacional.

La agricultura es el mayor consumidor de agua del mundo. De acuerdo con Naciones Unidas, el riego representa el 70% de las extracciones de este recurso. (ALIANZA UNINORTE CON EL HERALDO, 2015)

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la extracción hídrica en Colombia es superior a los 11.767 km<sup>3</sup>, de los cuales más del 50% del total se deriva del sector agrícola. Este es el sector que más agua consume en el país frente a otros como el de energía, doméstico, acuícola, pecuario, industrial y servicios. (ALIANZA UNINORTE CON EL HERALDO, 2015)



Alrededor del 2013 en Colombia se construyó una lavadora de papa no convencional que fue diseñada y construida, pensando justamente en el pequeño agricultor que desea lavar su papa directamente sin intermediarios; el sistema de lavado consiste en la rotación de los escobillones que con el roce con la papa y el movimiento al interior de la caneca permite que la papa salga perfectamente lavada, para seguir a un proceso de secado, selección y empaque. (Alonso, 2013)

Por otro lado, se encontró que en la región del Valle de Tenza se realizó un estudio de buenas prácticas ambientales. En el Municipio de Ventaquemada, corregimiento de Puente Boyacá, implementaron procesos de tratamiento de aguas residuales mediante una planta de tratamiento, realizando como primera medida el tratamiento de dichas aguas y luego mediante reservorios una recirculación de las aguas utilizadas en este proceso y así evitar la contaminación de las fuentes hídricas. (El programa DEL de la Unión Europea para Colombia, 2011)

Recientemente se le presta más atención a los vertimientos del lavado de papa, ya que no se encontraba clasificado de manera correcta de acuerdo al sector industrial al cual pertenece, y no se tenía claridad con referencia a los efectos negativos que provoca esta agua en los diferentes ecosistemas. En el año 2015 se reglamenta la resolución de vertimientos 0631 donde se clasifican las actividades en sectores, para este caso el lavado de la papa se encuentra clasificado en el SECTOR AGROINDUSTRIA de la cual se desprende la **Actividad: Procesamiento de hortalizas, frutas, legumbres, raíces y tubérculos**, donde incluye la preparación de la cosecha para su comercialización en los mercados primarios: limpieza, recorte, clasificación, desinfección y lavado. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015) Además es allí donde “se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público”.

En el año 2012 se cierra la planta de beneficio animal de Pasca lugar donde actualmente se encuentra ubicada la planta de lavado, la planta de beneficio animal es clausurada por incompatibilidad de la actividad con los usos del suelo establecidos en el Esquema de Ordenamiento Territorial, por estar ubicado en la zona contigua al río Bosque. Otra de las causas para la determinación del cierre por la autoridad ambiental de Cundinamarca (CAR), es el alto impacto por la descarga directa de los vertimientos sin tratamiento a la fuente hídrica, la cual es una de los principales afluentes del municipio. La resolución, mediante la cual se determina la sanción, señala que el cierre será definitivo. (Corporacion Autonoma regional, 2012)

Es importante destacar que en la planta de lavado del municipio de Pasca se reutiliza el agua para lavar los bultos que entran a la planta durante el día, sin utilizar un sistema de tratamiento para retirar partículas o sedimentos. En este momento el agua residual del lavado de la misma no cumple la normatividad ambiental vigente, generando que el agua tome un olor fuerte y contenga una carga de sedimentos alta.

Una vez se encontró que el sistema más eficiente para este tipo de agua abarcaba un tratamiento fisicoquímico en conjunto con filtración directa, se buscó información sobre los primeros precedentes de estos tratamientos.

Si bien el tratamiento químico de las aguas residuales no es en sí una práctica nueva, el tratamiento fisicoquímico tal como se la utiliza actualmente, ha existido durante las últimas décadas. La adición química a la primera etapa del tratamiento de aguas residuales no se ha utilizado ampliamente desde la década de 1930, cuando cayó en desgracia debido a las grandes dosis químicas (principalmente cal) utilizadas, lo que resultó en una cantidad excesiva de lodo. El tratamiento fisicoquímico moderno utiliza sales metálicas como el cloruro férrico, a menudo junto con una dosis muy pequeña de polímero aniónico. Esto resulta en un aumento incremental en la producción de lodo, lo que permite que este proceso sea mucho más factible (Bourke ,

2000). Actualmente el tratamiento fisicoquímico tiene una gran variedad de aplicaciones en diferentes tipos de agua tanto potable, residual doméstica y residual industrial. Siendo uno de los métodos más efectivos en remoción de material particulado en suspensión con costos bajos de operación y de suministros químicos.

La filtración directa es el sistema de tratamiento de agua más antiguo utilizado por la humanidad. Es sencillo y efectivo porque copia exactamente el proceso de purificación que se da en la naturaleza al atravesar el agua lluvia los estratos de la corteza terrestre hasta encontrar los acuíferos o ríos subterráneos (Baker , 1948).

En Colombia se encontró un estudio que consistió en determinar y cuantificar la eficiencia de un proceso de filtración con arena y grava para un agua residual de una curtiembre, donde experimentalmente se obtuvieron eficiencias del sistema hasta la salida del agua, es decir que su esta unidad de tratamiento da como resultado una alta disminución de carga contaminante en términos de remoción de sólidos suspendidos de exactamente el 40%. Este proyecto puede ser aplicado a cualquier tipo de agua residual que tenga una alta presencia de solidos suspendidos, así como de DBO y DQO por su porcentaje de remoción que instalado en conjunto con una unidad de floculación- coagulación o una unidad biológica aumentara todavía más.

( Pérez Guzmán & Rincón Ojeda, 2016).

### **3. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

#### **3.1 Descripción del problema**

La problemática actual del municipio es que la infraestructura que se instaló no cuenta con procesos o unidades de tratamiento de aguas residuales para que el vertimiento este de acuerdo a lo establecido por la Resolución 0631 del 2015 para el sector productivo agroindustrial, así mismo la Resolución 2833 de 2008 de la CAR establece los objetivos de calidad del agua para la cuenca del rio Sumapaz; lo cual conlleva a la generación de impactos negativos al cuerpo de

agua y afectaciones a la población que se encuentra aguas abajo del vertimiento y que usan dicha agua para otras actividades.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 General

- Proponer un sistema de tratamiento para las aguas residuales generadas durante el proceso de limpieza de la papa en la planta de lavado municipal de Pasca, Cundinamarca.

### 4.2 Específicos

- Desarrollar un diagnóstico del vertimiento de la planta de lavado de papa “Asopapas” teniendo en cuenta la Resolución 0631 de 2015 y la Resolución 2833 de 2008 de la CAR para la cuenca del Rio Sumapaz.
- Seleccionar y dimensionar el sistema de tratamiento de aguas residuales que permita el cumplimiento de la normativa vigente en vertimientos.
- Formular alternativas de recirculación y reúso para reducir la cantidad de agua utilizada en el lavado de papa.

## 5. MARCO TEÓRICO

**Agua cruda:** Es el agua natural que no ha sido sometida a proceso de tratamiento para su potabilización. (Ministerio de la protección social, 2007)

**Agua tratada:** Aguas procesadas en plantas de tratamiento para satisfacer los requisitos de calidad en relación a la clase de cuerpo receptor a que serán descargadas (Infojardin, 2015).

**Aguas Residuales no Domésticas –ARnD:** Son las procedentes de las actividades industriales, comerciales o de servicios distintas a las que constituyen aguas residuales domésticas, (ARD). (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015)

**Aguas Residuales Agrícolas (ARA):** Estas aguas se caracterizan por ser las que provienen de la escorrentía superficial de las zonas agrícolas y se caracterizan por la presencia de pesticidas, sales y un alto contenido de sólidos en suspensión (Sandra Pulido, 2013)

**Desinfección:** La desinfección del agua significa la extracción, desactivación o eliminación de los microorganismos patógenos que existen en el agua. (Lenntech, 2017)

**Demanda Química de Oxígeno (DQO):** La DQO determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua, bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo. (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2007)

**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>):** La demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) es una prueba usada para la determinación de los requerimientos de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas municipales, industriales y en general aguas residuales; su aplicación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores. (Química Ambiental, 2012)

**Grasas y aceites:** Comprende cualquier material recuperado como una sustancia soluble en el solvente. Esto incluye otros materiales extraídos por el solvente de la muestra acidificada, tales como compuestos azufrados, algunos colorantes orgánicos y clorofila, no volatilizados durante el ensayo. (IDEAM, 2007)

**Papa (Tubérculo):** La papa o patata es un tubérculo comestible que se extrae de la planta herbácea americana *Solanum tuberosum*, de origen andino. Es una planta perteneciente a la familia de las solanáceas originaria de Suramérica y cultivada por todo el mundo por sus tubérculos comestibles. (EcuRed, 2017)

**Nitrógeno Total (N):** El nitrógeno total es definido como la suma de amonio libre y compuestos orgánicos nitrogenados que son convertidos a sulfato de amonio, después de la digestión de la muestra con ácido sulfúrico y en presencia de un catalizador. El amonio es destilado en medio alcalino y recuperado nuevamente para su cuantificación. (María del Carmen Espinosa Lloréns, 2013)

**Sólidos suspendidos totales:** se consideran como la cantidad de residuos retenidos en un filtro de fibra de vidrio con tamaño de poro nominal de 0.45 micras y hace referencia al material particulado que se mantiene en suspensión en las corrientes de agua superficial y/o residual. (DANE, 2007)

**Sistemas de tratamiento:** Son los sistemas que incluyen la operación o conjunto de operaciones que tienen por objetivo modificar las características físicas, químicas o biológicas de un residuo para reducir o neutralizar las sustancias peligrosas que contiene, recuperar materias o sustancias valorizables, facilitar el uso como fuente de energía o adecuar el rechazo para su posterior tratamiento finalista. (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, 2014)

**Sólidos sedimentables (SSED):** Volumen de las partículas sólidas que se depositan por la fuerza de la gravedad en un recipiente donde el líquido permanezca inmóvil durante 60 minutos. (Aguamarket)

**Turbiedad:** La turbiedad en el agua es causada por materia suspendida y coloidal tal como arcilla, sedimento, materia orgánica e inorgánica dividida finamente, plancton y otros microorganismos microscópicos. (IDEAM, 2007)

**Tratamiento de aguas residuales:** El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano. (EcuRed, 2016)

## 6. MARCO LEGAL

Acorde a los aspectos legales que se emplean como apoyo fundamental para el desarrollo de esta investigación, se asocian algunas normas, decretos, resoluciones entre otros documentos pertinentes a la temática que rigen la normatividad colombiana, se presenta a continuación el marco normativo aplicable.

**Tabla 1.** Normatividad aplicable.

NORMATIVIDAD APLICABLE		
TIPO DE NORMA	Nº	ARTÍCULOS Y DESCRIPCIÓN DE LA APLICABILIDAD
CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA	1991	<b>Art.80</b> El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.
DECRETO	79 De 1986	Conservación y protección del recurso agua
	1076 De 2015	Por medio de este se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.
	1594 De 1984	<b>Art. 29</b> Usos del agua <b>Art. 37- 50</b> Criterios de calidad del agua
RESOLUCIÓN	1207 de 2014	<b>Art. 4</b> De los vertimientos. <b>Art. 6</b> De los usos establecidos para agua residual tratada <b>Art. 7</b> Criterios de calidad
	0631 de 2015	<b>Art. 9</b> Parámetros fisicoquímicos a monitorear y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas (ARnD) a cuerpos de aguas superficiales de actividades productivas de agroindustria y ganadería.

	2833 de 2008	Por la cual se establecen los objetivos de calidad del agua para la cuenca del río Sumapaz, a lograr en el año 2020.
	00150 de 2003	Por la cual se adopta el Reglamento Técnico de Fertilizantes y Acondicionadores de Suelos para Colombia. Cuyo control legal corresponde al Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

*Fuente: Autores*

## 7. MARCO CONCEPTUAL

A continuación, se presenta la información relacionada con el proyecto.

### 7.1 Tecnologías usadas en el lavado de la papa

Artesanalmente los bultos de papa se lavan en una alberca para remover la tierra adherida, luego sacarlos, sacudirlos y volverlos a sumergir, repitiendo este proceso hasta remover casi en su totalidad la tierra, en algunas ocasiones para perfeccionar el lavado se utiliza manguera. Este proceso se hace cambiando el agua cada vez que se sumerge el bulto, lo cual genera alto consumo de agua y vertimientos al alcantarillado con alto contenido de sólidos. (acercar, 2012)

En el lavado de papa industrial se utiliza una máquina que consta de un motor el cual tiene la capacidad de mover una polea con correa de distribución con el fin de hacer girar el tambor; existen muchas máquinas especializadas para este lavado todas ellas tienen en común las mismas operaciones solo que estas se pueden encontrar en diferente orden según lo considere el fabricante. En común se tienen las siguientes operaciones:

- Lavadora: Es uno de los equipos principales en la línea de procesamiento poscosecha de papa ya que este módulo suplente la función de retirar en su totalidad la tierra que posee las papas, mediante el ingreso del producto a un tambor rotatorio el cual se encuentra sumergido un cuarto de su diámetro, dentro de un tanque el cual almacena agua; allí por medio de fricción y agua se realiza el proceso. (INGEMAQ, 2015)



- Tren de cepillos: Este módulo cumple con dos funciones claves en el proceso, ya que se compone de cepillos en fibras de nylon, los cuales van girando y permiten que la papa que posee bastante tierra en sus ojos y que la lavadora no logra sacar, se retire por medio de ese modulo, sin embargo, más que esto como segunda función es realizar un presecado a la papa. (INGEMAQ, 2015)
- Secadora: El secado se realiza mediante una fuente de calor bien sea gas natural, propano o ACPM, el cual se inyecta a un intercambiador de calor, conectado directamente a un ventilador centrifugo de 22° que lo toma y lo impulsa al cuarto en donde se encuentra el producto alojado en las bandas transportadoras. (INGEMAQ, 2015)
- Bandas de selección: En esta parte las papas van pasando por la banda y esta selecciona las papas por tamaños para así poder empacarlas finalmente. (INGEMAQ, 2015)

Solo con lavar la papa, el agricultor podría aumentar entre 30 % y 40 % el valor que reciben por cada bulto y lograrían reducir en 15% la participación de los intermediarios.

## **7.2 Problemática ambiental del lavado de la papa**

Para que la papa tenga una presentación agradable en los mercados, debe pasar por un lavado que remueva la capa de tierra que la cubre. Esta labor es realizada en áreas conocidas como ‘lavaderos’, donde se lava tanto papa como zanahoria. Esta actividad, que es de vital importancia dentro de la cadena de mercado de la papa, tiene grandes impactos ambientales relacionados con el consumo de agua y la contaminación de los ecosistemas acuáticos por los vertimientos. (Naranjo, 2010)

El vertimiento de aguas residuales provenientes del lavado de papa, afectan las condiciones físicas, químicas y biológicas de los cuerpos de agua ya que la carga de sólidos y residuos de agroquímicos para el control de malezas, insectos, plagas y enfermedades no son monitoreados

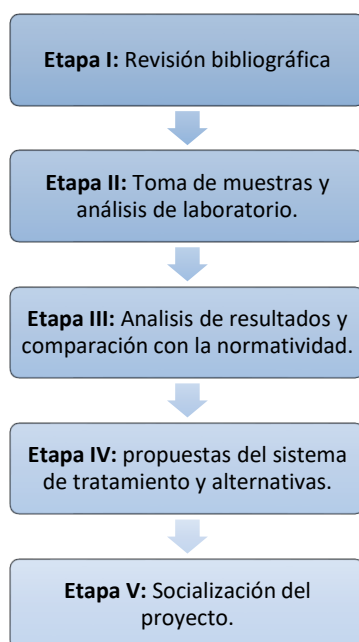
ni eliminados y estas aguas no reciben ningún tratamiento previo a su derrame como efluentes a los cuerpos de agua superficiales naturales. (Cubides, 2009)

Por otro lado la presencia de nutrientes en los sedimentos que restan del lavado, contienen principalmente fósforo y nitrógeno, lo que causa un fenómeno conocido como ‘eutrofización’, que consiste en el enriquecimiento anormalmente alto de nutrientes de un ecosistema acuático, que genera la proliferación de algas, las cuales reducen el oxígeno disponible y comprometen la supervivencia de la fauna acuática. (Naranjo, 2010)

## 8. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del presente proyecto, se hizo uso de una metodología de tipo descriptivo con un caso de estudio, ya que el eje central de este es identificar los parámetros, situaciones y contextos, que permitirán analizar las posibles alternativas y los resultados en el lugar donde se llevara a cabo el proyecto. En *el diagrama 1*. Se puede evidenciar un diagrama lineal con cada una de las etapas del proyecto:

***Diagrama 1. Metodología para la propuesta del desarrollo del proyecto.***



***Fuente:*** Autores.

Para poder analizar la alternativa más viable con fin de cumplir con la normatividad de vertimientos, se desarrolló una metodología de tipo cuantitativo basados en datos e información recolectada en el sitio.

A continuación, se explica cada una de las etapas:

**Etapas I: Revisión bibliográfica de las técnicas de tratamiento de aguas residuales agrícolas y levantamiento de información del lugar de estudio.**

En esta etapa se recopiló información técnica de varias fuentes como libros, revistas técnicas, informes, estudios e investigaciones, páginas especializadas, donde se encontró material esencial para el desarrollo del proyecto.

También se hizo una investigación más profunda en cuanto a la normatividad ambiental aplicable a este proyecto teniendo como base que se trata de agua residual agrícola; se encontró que para este contexto se aplica la resolución 0631 de 2015 de vertimientos, donde se establecen los límites máximos permisibles de los parámetros seleccionados para este tipo de agua y la resolución 2833 de 2008 que establece los objetivos de calidad del agua para la cuenca del río Sumapaz.

Como primera medida se estudiaron las técnicas de lavado de la papa; también se hizo una consulta acerca de los efectos de los vertimientos de estas aguas residuales directamente a las fuentes hídricas.

Se realizó una investigación para conocer las generalidades y datos importantes del lugar de estudio. Además de ello se realizaron visitas a la planta de lavado de Pasca obteniendo información para el desarrollo del proyecto, como el funcionamiento de la lavadora de papa, la cantidad de agua que se utiliza, la cantidad de papa que se lava, la localización del lugar, entre otros. De lo cual quedo un registro fotográfico del proceso y la maquinaria. (*Ver anexo I*)

## **Etapas II: Toma de muestras y análisis en laboratorio de parámetros.**

En esta etapa se realizó la toma de muestras de agua vertidas por la planta de lavado de papa, se llevó a cabo un muestreo compuesto para la toma de los parámetros in-situ y un muestreo puntual para los parámetros ex -situ con el fin de hacer la caracterización del agua y poder comparar contra la norma vigente de vertimientos y calidad de agua. También se hizo la determinación de la capacidad volumétrica de la planta de lavado.

Se realizaron las pruebas de laboratorio para su posterior análisis.

## **Etapas III: Análisis de resultados y comparación con la resolución 0631 de 2015 y 2833 de 2008.**

Una vez se tuvieron los resultados del laboratorio con los parámetros seleccionados, se hizo la comparación con los valores límites máximos permisibles que aparecen en cada una de las normas.

Luego se realizó la comparación de los datos, se analizaron los criterios de calidad del agua, que permitieron el planteamiento de propuestas viables para el tratamiento de las aguas residuales provenientes del lavado de papa.

## **Etapas IV: Propuesta del sistema de tratamiento para el agua residual y recomendaciones.**

Una vez planteadas las alternativas se procede a la selección de la alternativa más viable, complementando los aspectos técnicos requeridos para el cumplimiento de la norma ambiental y de ser posible la finalidad de reusó.

## **Etapas V: Socialización del proyecto.**

Teniendo concluida la etapa de análisis y de propuesta del sistema de tratamiento se procedió a realizar una reunión de socialización del proyecto a los interesados en este caso los dueños, encargados y trabajadores de la planta, donde se les presentó a detalle la propuesta ingenieril,

se habló de su funcionamiento, de las dimensiones, de las características de cada unidad, materiales de construcción, entre otros.

Se dejó a los encargados de planta de lavado un documento donde se expone toda la propuesta, documento que permitirá tomar la decisión de la implementación y puesta en marcha de la misma.

## **9. GENERALIDADES DEL LUGAR DE ESTUDIO Y PLANTA DE LAVADO**

### **9.1 Ubicación del área de estudio**

Pasca es un municipio colombiano ubicado en el departamento de Cundinamarca, está situado en las coordenadas 4°18'27" de latitud Norte y 74°18'03" de longitud oeste.

Pasca limita por el Norte con Fusagasugá, Sibaté, Soacha y Bogotá D.C., por el Este con Bogotá D.C., por el Sur con Arbeláez y por el Oeste con Fusagasugá. (Alcaldía de Pasca - Cundinamarca, 2017)

Pasca refiere a un municipio de vocación agropecuaria, la cual representa su actividad económica principal; donde el uso de sus suelos para la actividad agropecuaria se distribuyen en un 25,5% para labores agrícolas, 54.5% en pastos utilizados para la ganadería. (Alcaldía de Pasca -Cundinamarca, 2017)

En la actividad agrícola sobresalen los cultivos como: papa criolla, papa de año, arveja, cebolla cabezona, cebolla junca, tomate de árbol, fríjol bola roja, habichuela, zanahoria, repollo, lechuga, tomate chonto, maíz, mora, cilantro y curuba. (Alcaldía de Pasca -Cundinamarca, 2017).

## 9.2 Climatología del lugar de estudio

Pasca es un municipio templado y cálido, con una temperatura promedio de 16.2 ° C y con precipitaciones significativas. Incluso en el mes más seco hay mucha lluvia; En un año, la precipitación media es 1046 mm. (CLIMATE-DATA.ORG, 2016)

La superficie del Municipio de Pasca se encuentra dividida en los siguientes Pisos Térmicos:

- Páramo con 116.66 kms<sup>2</sup> que equivale al 44%
- Frío con 147.58 kms<sup>2</sup> que ocupa el 56 % del total del área municipal.

El **Piso Térmico de Páramo** hace parte de un ramal de la cordillera oriental con alturas mayores a los 3500 m.s.n.m., sus principales elevaciones son: Peña Blanca, Los Andes, Tembladales, Peña de la Novilla y La Pica. (Alcaldía de Pasca -Cundinamarca, 2017)

El **Piso Térmico Frío**, se halla en la parte central del municipio presentando una topografía ondulada y quebrada, con alturas comprendidas entre 2000 y 3000 m.s.n.m., sus principales elevaciones son: Amarillo, Roble y San Cristóbal, el área de este piso térmico es la más apta para las actividades de agricultura y ganadería. (Alcaldía de Pasca -Cundinamarca, 2017)

## 9.3 Hidrografía del lugar de estudio

El sistema Hidrográfico de Pasca pertenece a la cuenca del río Sumapaz con vertiente en el Magdalena, el cual es regado por las subcuencas de los ríos Batán, Cuja (quebrada San Joaquín, Angostura y Sabaneta), Bosque, Corrales y Juan Viejo, además de otras corrientes menores.

Las lagunas pertenecientes a Pasca son La Cajita, Colorados, Laguna Larga, Laguna Negra, El Cajón, Lagunetas, Cuevecitas. Además cuenta con el embalse Asobosque (Consejo municipal de Pasca , 2008).

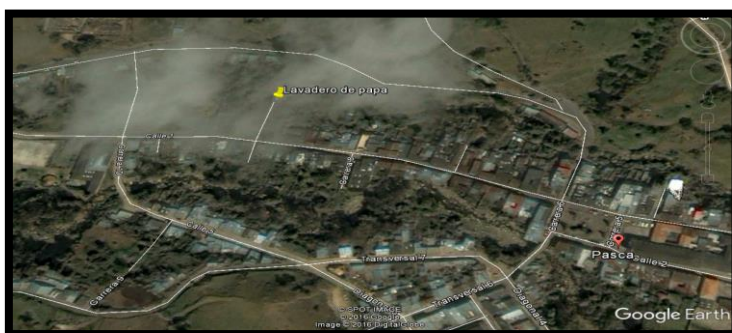
El río que queda contiguo a la planta de lavado y al cual se realizará el vertimiento es el río el bosque que se encuentra a 2450 msnm (Instituto Alexander Von Humboldt , 2003)

#### 9.4 Sitio de estudio

El desarrollo de la investigación, se realizó en la planta de lavado de papa “Asopapas, Pasca”, localizado a 500 metros del parque principal del pueblo y se encuentra situado en las siguientes coordenadas, Latitud 4° 18'37,57" N y Longitud 74°18'08,28"O.

En la *Imagen 1*, El punto de referencia amarillo muestra la ubicación espacial de la planta de lavado de papa, localizado en el municipio de Pasca, Cundinamarca.

***Imagen 1.*** Ubicación espacial de la planta de lavado de papa.



***Fuente:*** Google Earth modificado por Autores

#### 9.5 Lavadora de papa

La planta funciona de lunes a sábado durante 8 horas diarias; la lavadora tiene una capacidad volumétrica de 90 galones y está compuesta por un tambor rotatorio que se encuentra sumergido dentro de un tanque el cual almacena agua, seguido de un tren de cepillos y una banda transportadora que cumple la función de mesa de sacado y selección; cuando la papa sale limpia se seca con un ventilador de aire frío y en la misma mesa se selecciona por tamaños y se empaqueta finalmente. Como se observa en la *imagen 2*

***Imagen 2.*** Lavadora de papa, Pasca



***Fuente:*** Autores

## 10. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 10.1 Análisis diagnóstico

Tras realizar la revisión bibliográfica correspondiente, se realiza la caracterización fisicoquímica del agua residual proveniente de la planta de lavado de papa. Para esto se llevó a cabo un muestreo compuesto el día 4 de septiembre de 2017, ver *tabla 2*.

#### 10.1.1 Parámetros in- situ

Los resultados obtenidos en el muestreo in-situ fueron los siguientes:

*Tabla 2. Parámetros In-Situ*

Planta de lavado de papa – Pasca Cundinamarca 4 Septiembre 2017							
Hora		9:00 am	10:00 am	11:00 am	13:00 pm	14:00 pm	15:00 pm
PARÁMETRO	UNIDAD						
TEMPERATURA MUESTRA	°C	17,6	17,9	19,2	19,4	20	20,2
pH	Unidades	6,47	6,63	6,85	7,01	7,13	7,09
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L	3	20	25	35	45	52
TURBIDEZ	NTU	790	920	990	>1000	>1000	>1000
OXIGENO DISUELTO	mg/L	6,71	6,69	6,67	6,24	5,95	5,48
COLOR APARENTE	UPC	>100	>100	>100	>100	>100	>100
CAUDAL	m <sup>3</sup> /día	0,337					

*Fuente: Autores*

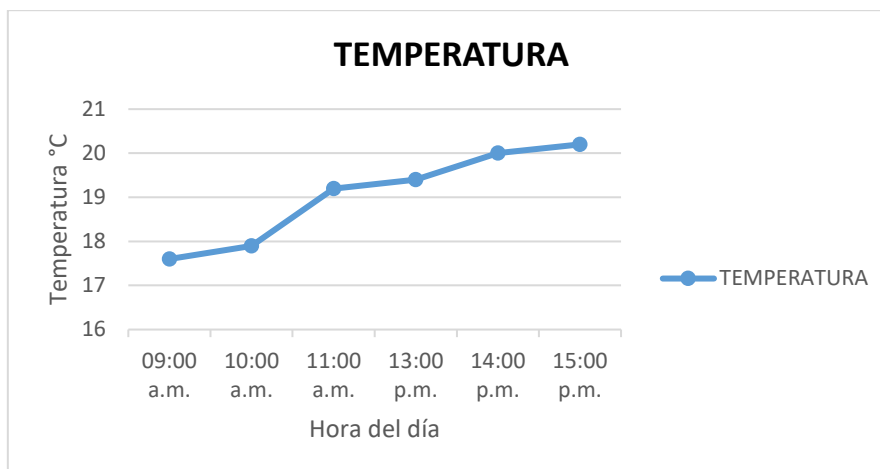
#### 10.1.1.2 Análisis de los resultados

A continuación, se muestra el comportamiento de los parámetros in situ mediante gráficas y se hace un análisis de cada uno.



## Temperatura

**Gráfica 1.** Comportamiento de la temperatura.

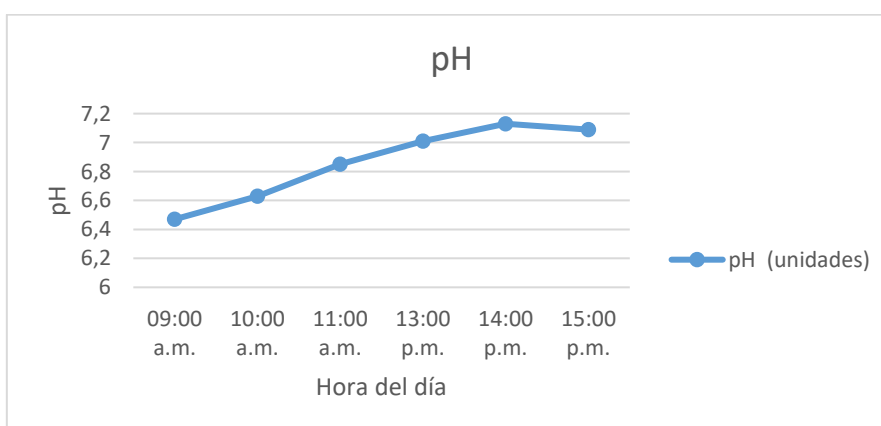


**Fuente:** Autores

En la *gráfica 1*. se puede evidenciar que cuando se inició el monitoreo la temperatura estuvo en 17.6°C y con el pasar de las horas fue incrementando poco a poco hasta llegar a una temperatura de 20.2°C, esto se debió a la radiación solar que se presentó ese día, también se puede atribuir a que el lugar donde se encuentra la lavadora está cubierto por tejas de zinc lo que hace que se almacene calor en el ambiente.

## pH

**Grafica 2.** Comportamiento del Ph.

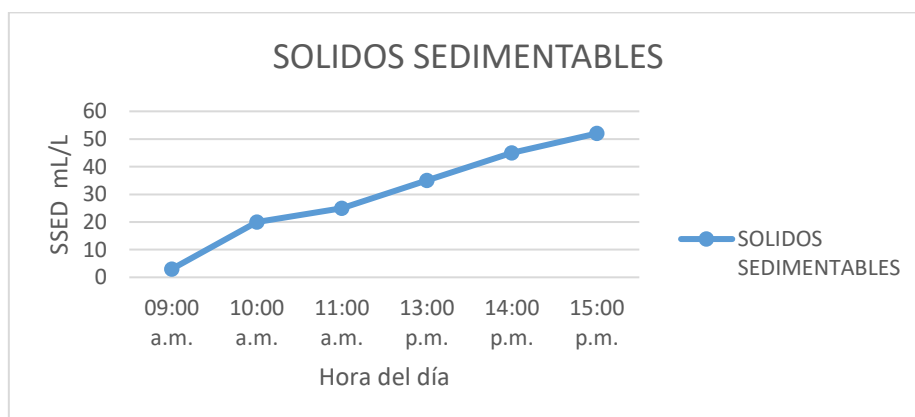


**Fuente:** Autores

En la *gráfica 2*.se observa que el pH presentó un valor mínimo de 6.47 llegando a un valor de 7.13 unidades, esto se debió a que con el transcurso del día se iban lavando más bultos de papa aumentando la cantidad de materia orgánica y por ende el pH.

### Sólidos sedimentables

***Gráfica 3. Comportamiento de los sólidos sedimentables.***

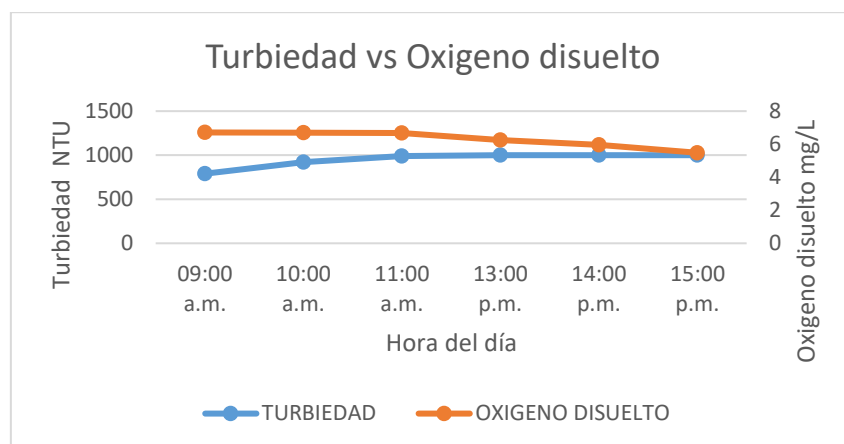


***Fuente: Autores***

Los sólidos sedimentables son el volumen de materia que se depositan en el fondo de un recipiente por la fuerza de la gravedad, donde el líquido permanece inmóvil durante 60 minutos; En la *gráfica 3*. Se puede evidenciar el comportamiento de los SSED durante el monitoreo; donde entre las 9:00 y 10:00 am se presentó una mayor sedimentación esto se debió a que en este periodo de tiempo se lavaron más cargas de papa que en el resto del día. Con respecto al monitoreo entre las 14:00 y 15:00 pm la diferencia es menor ya que la maquinaria se detuvo de 13:00 a 14:00pm para la hora de almuerzo de los trabajadores, lo que permitió que una parte de las partículas se sedimentaran.

## Turbiedad

**Grafica 4.** Comportamiento de la turbiedad y el oxígeno disuelto.

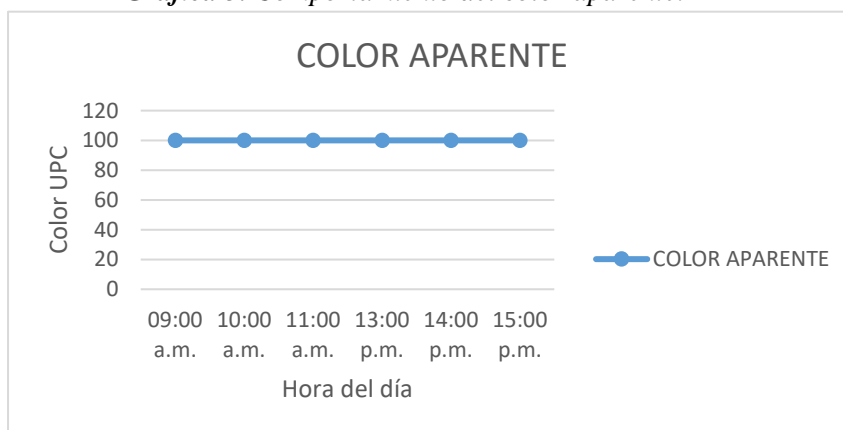


**Fuente:** Autores

En la *gráfica 4*. Se evidencia que a medida que aumenta la turbiedad disminuye el oxígeno disuelto, esto se presentó ya que la cantidad de materia orgánica se incrementa por la cantidad de papa lavada, lo que conlleva a que el oxígeno disuelto sea consumido cuando se degrada la materia orgánica.

## Color aparente

**Grafica 5.** Comportamiento del color aparente.



**Fuente:** Autores

El color en aguas residuales se presenta por los sólidos suspendidos y el material coloidal. En la *gráfica 5*. Se observa que el alto color aparente que se presentó a lo largo del monitoreo fue

debido al material suspendido y disuelto presente en el agua por las partículas de suelo que el tubérculo contiene en el momento que es lavado.

### 10.1.2 Parámetros ex - situ

Se realiza un muestreo puntual el día 1 de noviembre de 2017, el agua fue llevada al Laboratorio Instrumental de Alta Complejidad (LIAC) de la Universidad de La Salle, para su posterior análisis de los parámetros escogidos, En la *tabla 3* se muestran los resultados de la caracterización (*Ver Anexo II*).

**Tabla 3. Parámetros Ex-situ.**

PARÁMETRO	Planta de lavado de papa – Pasca Cundinamarca
DQO (mg/L O <sub>2</sub> )	1162
DBO (mg/L O <sub>2</sub> )	134
Nitratos (mg/L)	<1,50
SST (mg/L)	1780
Grasas y aceites (mg/L)	<8,0
Turbidez (NTU)	1644

**Fuente:** Autores

#### 10.1.2.1 Análisis de los resultados

##### DQO

El valor obtenido para este parámetro se debe a que en este no se tiene en cuenta únicamente la materia orgánica a degradar sino también la no biodegradable, esto por la presencia de agroquímicos que son adicionados al cultivo para obtener una buena cosecha.

##### DBO

El valor arrojado para la DBO en esta agua se encuentra por encima del valor límite máximo permisible que exige la resolución 2833 de 2008, esto se debe a la presencia de materia orgánica

disuelta y coloidal, propia del suelo que se encuentra adherida al tubérculo y a las raíces y restos vegetales que quedan en el agua luego del lavado.

### **Nitratos**

En el agua no hay una concentración significativa de nitratos; esto se debe a que a la lavadora llega un porcentaje del suelo del cultivo de papa el cual es diluido en el agua que está en el tanque de lavado, por ende, un porcentaje de los nitratos queda en el agua y otra parte en los sedimentos.

### **Sólidos suspendidos totales**

Los SST se presentaron en gran cantidad con un valor de 1780 mg/L, lo cual se debe a que el suelo adherido que contiene la papa lleva consigo arcillas esto se puede corroborar en la *tabla 20* en la cual está la composición química de la muestra tomada del lodo, estas arcillas tienen carga negativa que se pueden enlazar con diversos cationes que cambian las características del agua.

### **Grasas y aceites**

El valor obtenido de grasas y aceites en el informe de resultados se debe a una fuga de aceite que se presenta en el motor que mueve el tambor de la planta de lavado. Ya que naturalmente la papa no contiene grasas y en el lavado no se utiliza ningún producto de limpieza.

### **Relación de la DBO y DQO**

Los valores de la relación  $DBO_5 / DQO$  para aguas residuales no tratadas deben ser mayor que 0.5, los residuos o componentes contaminantes se consideran fácilmente tratables mediante procesos biológicos. Si la Relación  $DBO_5 / DQO$  es menor de 0.3, el residuo puede contener constituyentes tóxicos o se pueden requerir microorganismos aclimatados para su estabilización.

Esta relación debe oscilar entre 0.3 – 0.8 para un agua residual no tratada. (Crites & Tchobanoglous , 2000).

$$\frac{DBO_5}{DQO} = \frac{134}{1162} = 0.11$$

***Fuente:*** (Romero, 1999)

Se puede evidenciar que la relación DBO/DQO fue de 0,11 debido al contenido de sólidos no biodegradables en el agua, lo cual indica que hay que realizar un tratamiento químico o fisicoquímico previo a un tratamiento biológico.

La diferencia entre la DBO y la DQO es que la DQO busca la degradación completa de los componentes de la muestra, bien sean material orgánico biodegradable y no biodegradable, mientras que la DBO solo el material que es biodegradable, es por ello que el valor de la DQO debe ser siempre mayor que el de la DBO ya que en si contiene más material a degradar.

## **11. TRATABILIDAD DEL AGUA**

Debido a la gran cantidad de sólidos en suspensión que presenta este tipo de agua, se realizaron pruebas de tratabilidad por medio de test de jarras con diferentes compuestos químicos (floculantes y coagulantes). Con el fin de que se produzca la clarifloculación, es necesario realizar un tratamiento químico mediante el ajuste de cargas en los contaminantes a través de la adición de productos químicos. (Russell, 2012) Esto con el fin de determinar la efectividad de un sistema fisicoquímico.

Para determinar la concentración de las dosis de coagulante y floculante se tuvo en cuenta la fórmula de dilución que se presenta a continuación, partiendo de que las soluciones madre se encontraban a 0,1 % es decir 1000ppm; a continuación, se presenta el cálculo del primer ensayo teniendo en cuenta que para el resto de ensayos es el mismo calculo.

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

$$C_2 = \frac{C_1V_1}{V_2}$$

$$C_2 = \frac{1000 \text{ ppm} * 6\text{ml}}{1000\text{ml}} = 6\text{ppm}$$

Luego de realizar varios ensayos con volúmenes diferentes de coagulantes y floculantes, se presentan los distintos ensayos con los resultados de las mejores jarras obtenidas en el laboratorio.

#### ➤ Ensayo 1

**Coagulante usado:** Sulfato de aluminio

En 1000 mL de muestra, se adiciono 6 ppm (6mL) de coagulante

**Tabla 4.** Resultados sulfato de Aluminio

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Turbiedad	NTU	11,3
SST	mg/L	132
pH	Und	4,59

**Fuente:** Autores.

#### ➤ Ensayo 2

**Coagulante usado:** Hidroxicloruro de aluminio (PAC)

**Floculante Usado:** Aniónico (poliacrilamida)

En 1000 mL de muestra, se adiciono 1 ppm (1mL) de coagulante y floculante

**Tabla 5.** Resultados PAC + Floculante Aniónico.

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Turbiedad	NTU	630
SST	mg/L	973
pH	Und	5,75

**Fuente:** Autores.

➤ **Ensayo 3**

**Coagulante usado:** Sulfato de Aluminio

**Floculante Usado:** Catiónico (cloruro de dialildimetilamonio)

En 1000 mL de muestra, se adiciono 6 ppm (6mL) de coagulante y 2 ppm (2mL) de floculante.

*Tabla 6. Resultados Sulfato de Aluminio + Floculante catiónico.*

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Turbiedad	NTU	13
SST	mg/L	149
pH	Und	4,44

*Fuente: Autores.*

➤ **Ensayo 4**

**Coagulante usado:** Sulfato de Aluminio

**Floculante Usado:** Aniónico (poliacrilamida)

En 1000 mL de muestra, se adiciono 6 ppm (6mL) de coagulante y 2 ppm (2mL) de floculante.

*Tabla 7. Resultados Sulfato de Aluminio + Floculante Aniónico.*

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Turbiedad	NTU	6
SST	mg/L	83
pH	Und	4,24

*Fuente: Autores.*

➤ **Ensayo 5**

**Coagulante usado:** Hidroxicloruro de Aluminio (PAC)

**Floculante Usado:** Catiónico (cloruro de dialildimetilamonio)

En 1000 mL de muestra, se adiciono 0,4 ppm (0,4mL) de coagulante y floculante.

*Tabla 8. Resultados PAC + Floculante Catiónico.*

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Turbiedad	NTU	480
SST	mg/L	528
pH	Und	4,95

*Fuente: Autores.*



Luego de realizar los distintos ensayos de jarras, se hizo una comparación de los datos obtenidos del agua tratada de cada ensayo para verificar cual mezcla de floculante y coagulante fue más eficiente con respecto a las demás; se tuvieron en cuenta los valores de la turbiedad, los SST y el pH puesto que estos parámetros son representativos para observar la calidad del efluente. Luego de la comparación se llegó a la conclusión que el mejor ensayo fue el 4 que se realizó con sulfato de aluminio (6 ppm) y floculante aniónico (poliacrilamida) (2 ppm).

Una muestra del agua tratada del ensayo 4 fue llevada al Laboratorio Instrumental de Alta Complejidad (LIAC) para su posterior análisis. Evaluando los parámetros DBO, DQO, SST, Grasas y Aceites y nitratos - (*Ver Anexo 3.*) En la tabla 9 están registrados los valores de la calidad del agua tratada y la comparación con la normatividad aplicable al proyecto.

**Tabla 9.** Comparación de los parámetros con la normatividad.

PARÁMETRO	UNIDAD	Resolución 0631 de				
		Calidad del Agua tratada	2015	Resolución	Cumplimiento de normatividad	
			Sector AGROINDUSTRIA	2833 de 2008	Res. 0631 de 2015	Res. 2833 de 2008
<b>pH</b>	Unidades de pH	5,7	6,0 – 9,0	4,0 – 9,0	Si	Si
<b>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</b>	(mg/L O <sub>2</sub> )	183	150	NA	No	NA
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)</b>	(mg/L O <sub>2</sub> )	115	50	20	No	No
<b>Sólidos Suspendidos Totales (SST)</b>	mg/L	<5	100	NA	Si	NA
<b>Nitratos</b>	mg/L	<1,5	NA	NA	NA	NA
<b>Grasas y aceites</b>	mg/L	<8,0	10	NA	Si	NA

**Fuente:** Autores

Teniendo en cuenta la efectividad de la mezcla de Coagulante y floculante, se decide usar una unidad de Floculación para este tipo de agua ya que se demuestra que remueve gran cantidad de partículas disueltas como es el caso de los SST que tenían un valor de 1780 mg/L llegando a un valor de <5 mg/L y una DQO de 1162 mgO<sub>2</sub> /L a 183 mgO<sub>2</sub> /L, sin embargo, es necesario usar otras unidades de tratamiento que permitan aún más la disminución partículas disueltas y el cumplimiento de la norma.

## **12. DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL DEL LAVADO DE PAPA**

El objetivo principal del tratamiento del agua residual es la de remover DBO, DQO y Sólidos en suspensión lo suficiente para cumplir con la normatividad regulatoria de vertimientos y evitar el deterioro de las fuentes hídricas contiguas al lugar de estudio.

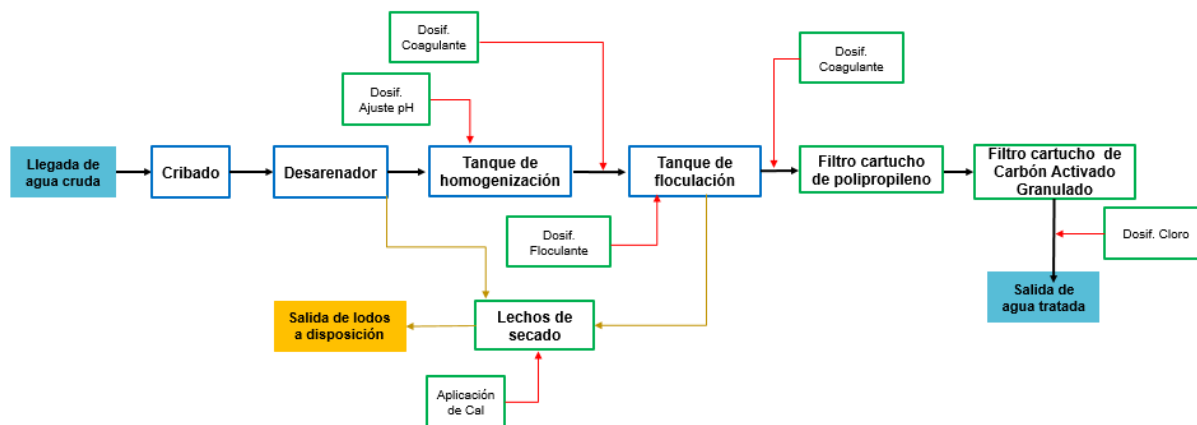
La eficiencia y el rendimiento de un sistema de tratamiento de aguas se determinan en función del dimensionamiento escogido y de sus unidades. Para realizar el dimensionamiento del sistema de tratamiento adecuado se tuvo en cuenta el análisis de calidad de esta agua cruda donde arrojaron los resultados del estado en el cual se encontraba el agua.

Para el tratamiento del agua residual proveniente del lavado de papa se determinaron las siguientes unidades como sistema de tratamiento:

1. Cribado (pretratamiento).
2. Desarenador (pretratamiento)
3. Tratamiento fisicoquímico con tanque de floculación.
4. Filtración directa con cartuchos de polipropileno y carbón.
5. Tratamiento de lodos por medio de lechos de secado.
6. Desinfección con Cloro.

A continuación, se presenta el *diagrama 2* con la propuesta técnica seleccionada del sistema de tratamiento para las aguas residuales del lavado de papa.

**Diagrama 2.** *Propuesta técnica del sistema de tratamiento.*



**Fuente:** Autores

Información de cada unidad del tratamiento

### 1. Cribado:

El Cribado es la operación utilizada para separar material grueso del agua, mediante el paso de ella por una criba o rejilla. La criba puede ser de cualquier material agujereado, como madera o concreto, con agujeros redondos, cuadrados o de cualquier forma geométrica. También se puede construir una criba con barras o varillas de hierro o acero, que son las más usadas. (Romero, 1999)

El objetivo la unidad de cribado es la de remover del agua sólidos en suspensión de diferentes tamaños, que puedan obstruir o taponar bombas, válvulas, tuberías y equipos que estén después de esta unidad. Además que llegan a eliminar de un 5 a un 25% de sólidos en suspensión (Ramalho, 1990).

El cribado más apropiado para esta agua es un cribado fino que tiene un espaciamiento de rejillas entre 10 – 15 mm para eliminar los residuos como raíces, papas pequeñas entre otros.

## **2. Desarenador:**

Tiene por objeto separar del agua cruda la arena y partículas en suspensión gruesa, con el fin de evitar se produzcan depósitos en las obras de conducción, proteger las bombas de la abrasión y evitar sobrecargas en los procesos posteriores de tratamiento. El desarenado se refiere normalmente a la remoción de las partículas superiores a 0,2 mm (Organización panamericana de la Salud, 2005).

Los desarenadores pueden ser del tipo de limpieza mecánico o de limpieza manual, dependiendo de si se dotan o no de equipo mecánico de remoción de arena. El diseño depende del tipo de flujo y del equipo de limpieza seleccionado. El tipo de desarenador más usado es el de flujo horizontal, en el cual el agua pasa a lo largo del tanque en dirección longitudinal sedimentándose las partículas poco a poco. El Desarenador de tipo aireado consiste en un tanque aireado y finalmente de flujo en espiral, en el cual la velocidad de flujo se controla mediante las dimensiones de la unidad y por la cantidad de aire suministrado (Romero, 1999).

Se recomienda que los desarenadores con un caudal inferior a 50 L/s sean limpiados manualmente; para caudales mayores de 150 L/s se recomienda una limpieza mecánica (Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000).

Para este proyecto se usará un desarenador de flujo horizontal que es el más se adapta a las condiciones del terreno, al tipo de agua y a los costos del proyecto.

## **3. Tratamiento fisicoquímico con tanque de floculación.**

La clarificación del agua tiene por objeto retirar los sólidos suspendidos, sólidos finamente divididos y materiales coloidales, convirtiéndolos en partículas más grandes que se pueden remover con mayor facilidad. Es un proceso utilizado tanto en sistemas de tratamiento de aguas municipales con el fin de obtener agua potable para consumo humano, como en sistemas de tratamiento de aguas industriales para su posterior vertimiento. (Cogollo Floréz , 2009)

El tratamiento de clarificación para este caso se diseña con una sola unidad que es un tanque de floculación que tiene dos funciones diferentes la primera es la de precipitar y aglomerar las partículas y la segunda es la de sedimentarlas.

El objetivo del Floculador es proporcionar a la masa de agua coagulada una agitación lenta aplicando velocidades decrecientes, para promover el crecimiento de los flóculos y su conservación, hasta que la suspensión de agua y flóculos salga de la unidad (Cánepa de Vargas , Maldonado, Barrenechea , & Aurazo, 2004).

En el Floculador se incluyen los subprocesos de *coagulación* y *floculación* que son esenciales para el funcionamiento de la unidad los cuales se describen a continuación:

- **Coagulación:** Es el proceso de formación de pequeñas partículas gelatinosas mediante la adición de un coagulante al agua y la aplicación de energía de mezclado, que desestabiliza las partículas suspendidas por neutralización de las cargas de coloides cargados negativamente. Comienza en el mismo instante en que se agrega el coagulante y dura solo fracciones de segundo. (Cogollo Floréz , 2009)
- **Floculación:** Estos flóculos formados inicialmente pequeños, crean al juntarse aglomerados mayores que son capaces de sedimentar. Cuando los coloides no son lo suficientemente grandes es necesario el empleo de un floculante para aglomerar más estos flóculos y así sedimentar con mayor facilidad y rapidez los sólidos. Es necesario realizar una agitación lenta para evitar el rompimiento de estos. (Andía Cárdenas , 2000)

Para este tipo de agua hará uso de un Floculador de flujo horizontal, con empleo de Floculante y Coagulante. (Organización Panamericana de la Salud , 2004 ).

Se define como "sedimentación" al proceso natural por el cual las partículas más pesadas que el agua, que se encuentran en suspensión y que son removidas por la acción de la gravedad.

#### **4. Filtración directa con cartuchos de polipropileno y carbón.**

La filtración directa consiste en hacer pasar el agua que todavía contiene materias en suspensión a través de un medio filtrante que permite el paso del líquido, pero no el de las partículas sólidas, las cuales quedan retenidas en el medio filtrante. De este modo, las partículas que no han sedimentado en el desarenador son retenidas en los filtros. El medio filtrante más utilizado es la arena, sobre un lecho de grava como soporte (Romero Rojas, 1999).

Fenómenos que ocurren durante la filtración:

- Sedimentación de partículas sobre el medio filtrante.
- La floculación de partículas que estaban en formación debido al aumento de la posibilidad de contacto entre ellas.
- La formación de una película gelatinosa en el medio filtrante y que es producida por los microorganismos que se producen allí.

Para seguir con el tratamiento de esta agua se implementarán dos filtros cartucho uno para remoción de partículas y otro de carbón activado granulado.

##### **Filtro cartucho de Polipropileno:**

Los procesos que se desarrollan en un filtro de Polipropileno son muy similares a un filtro con arena ya que mejoran las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua tratada. Los cartuchos de filtración de polipropileno incorporan un núcleo central rígido para una mayor durabilidad y resistencia a la contracción. La construcción de microfibras térmicamente vinculadas tiene un índice de flujo constante y un rendimiento en remoción alto (Pentair Residential Filtration, 2016).

### **Filtro de carbón de Carbón activado granulado:**

El carbón activado es un sólido que tiene dos propiedades que lo han hecho muy útil en el tratamiento de aguas. La primera consiste en que atrapa todo tipo de contaminantes orgánicos en sus paredes, con una avidez tal que puede dejar un agua prácticamente libre de estos compuestos. La segunda, es que destruye el cloro libre residual que no ha reaccionado después de que dicho compuesto haya realizado una acción desinfectante (politecnica, 2012).

Los cartuchos de Carbón Activado Granular reducen eficazmente los sabores y olores o deseados. Están diseñados para permitir un contacto máximo entre el agua y el carbón, asegurando una adsorción óptima. La construcción del cartucho permite que el agua ingrese a un extremo y pase por toda la longitud del lecho de carbón. Antes de que el agua salga del cartucho, un filtro posterior ayuda a reducir el polvo de carbón y otras partículas suspendidas del agua filtrada (Pentair Residential Filtration, 2015).

Debido a que el caudal de diseño de la planta es bastante pequeño se opta por utilizar estos filtros cartuchos que además de utilizar un caudal semejante al de la planta también minimiza el espacio en la construcción, además de ser una de las mejores alternativas en cuanto a costos comparados a un filtro de arena y carbón convencional.

### **5. Tratamiento de lodos:**

Los lodos son el resultado final de la remoción de contaminantes durante todas las unidades y procesos en la planta de tratamiento, estos provienen principalmente de las unidades de tratamiento primario y secundario. Cada lodo tiene características totalmente diferentes ya que depende principalmente de su origen, el tipo de tratamiento que se le ha dado y el tiempo de retención en cada una de las unidades de la PTAR. La masa y el volumen de éstos también dependen del proceso donde se produjeron.

El tratamiento y disposición eficiente de los lodos de una planta de tratamiento de aguas residuales requiere conocer las características de los sólidos y del lodo a procesar. Ya que estos lodos están llenos de materia orgánica en descomposición y para evitar la proliferación de olores y la atracción de vectores se hace necesario primero la estabilización de los lodos con Cal.

Debido a que el caudal de agua utilizada en la planta y la producción de lodos son pequeños se decide implementar un sistema de lechos de secado, proceso que se explicara a continuación.

**Los lechos de secado** constituyen unos de los métodos más antiguos para reducir el contenido de humedad de los lodos en forma natural. Posiblemente es el método más usado en las plantas pequeñas, de menos de 100 L/s, para secado de lodos.

El lecho típico de secado de lodos es un lecho rectangular poco profundo, con fondos porosos puestos sobre un sistema de drenaje. El lodo se aplica sobre el lecho en capas de 20 a 30 cm u se deja secar. El desaguado se efectúa por medio de los drenajes y evaporación de la superficie por acción del sol y del viento. La pasta producto del secado del lodo se agrieta a medida que se seca, permitiendo evaporación adicional y el escape del agua lluvia desde la superficie (Romero, 1999).

## **6. Desinfección con Cloro:**

Fundamentalmente el cloro es un desinfectante debido a su fuerte capacidad de oxidación, por lo que destruye el crecimiento de bacterias y algas.

Además de ello actúa como agente reductor de la DBO por la oxidación de los compuestos orgánicos presentes en las aguas residuales. Y funciona para eliminar o reducir color y sabor, ya que las sustancias que producen olor y color en las aguas residuales también son oxidadas mediante el cloro (Ramalho, 1990).



## 13. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

### 13.1 Cribado

Se realizaron los caculos correspondientes para poder definir las dimensiones de la cámara de cribado (Romero, 1999).

**Tabla 10.** Características de las rejillas.

Característica	De limpieza manual	De limpieza mecánica
Ancho de las barras	0,5 - 1,5 cm	0,5 - 1,5 cm
Profundidad de las barras	2,5 - 7,5 cm	2,5 - 7,5 cm
Abertura o espaciamiento	2,5 - 5,0 cm	1,5 - 7,5 cm
Pendiente con la vertical	30° - 45°	0° - 30°
Velocidad de acercamiento	0,3 - 0,6 m/s	0,6 - 1 m/s
Pérdida de energía permisible	15 cm	15 cm

**Fuente:** Tratamiento de aguas residuales, Jairo Alberto Romero

Se asumieron datos como Diámetro de las barras, Angulo de inclinación, Velocidad de flujo de agua y Ancho del canal; teniendo en cuenta la tabla 10.

También se tuvo en cuenta la ecuación del número de rejillas de Romero.

#### Pérdida de energía en rejillas:

Se calcula por medio de la ecuación de la ecuación de Kirschmer en 1926.

$$H = \beta \left( \frac{w}{b} \right)^{4/3} \left( \frac{v^2}{2g} \right) \sin \theta$$

Donde:

$\beta$ : Factor de forma de la barras.

$\left( \frac{v^2}{2g} \right)$ : Velocidad de carga antes de la rejilla (m)

$$H = 1,83 \left( \frac{0,00635m}{0,015m} \right)^{4/3} \left( \frac{(0,01)^2 m/s}{2 * 9,8} \right) \sin 60^\circ$$

$$H = 2,64176 - 6m \approx 0,00000257m$$

**Área total:**

$$A = \frac{Q}{v}$$

$$A = \frac{0,0039 \frac{l}{s} * \frac{1m^3}{1000 l}}{0,01 \frac{m}{s}} = 0,00039 m^2$$

**Largo de la rejilla:**

$$Largo_{rejilla} = \frac{Altura\ del\ canal}{Angulo\ de\ inclinación\ (rad)}$$

$$Largo_{rejilla} = \frac{0,15\ m}{0,8901\ m} = 0,17\ m$$

**Número de barras:**

$$n * Diam_{barras} + (n - 1) * Esp_{barras} = 40$$

$$20 * 0,635cm + (20 - 1) * 1,5\ cm = 41,2$$

El número de barras según Romero se define reemplazando la ecuación anterior y dejando las barras que den como resultado 40 o aproximado a 40 que en este caso fueron 20 barras.

**Ancho del canal:**

$$Ancho_{canal} = Diam_{barras} + Esp_{barras} * \# barras$$

$$Ancho_{canal} = 0,00635\ m + 0,015\ m * 20 = 0,31\ m$$

### 13.2 Desarenador

Se realizaron los cálculos correspondientes para poder definir las dimensiones del Desarenador

**Volumen:**

$$V = Ancho * Largo * Alto$$

$$V = 0,31\ m * 0,6\ m * 0,3\ m = 0,055\ m^3$$

### 13.3 Tanque de homogenización

Cálculos correspondientes del tanque de homogenización.

**Volumen del tanque**

$$V = \text{Largo} * \text{Ancho} * \text{Alto}$$

$$V = 0,2 \text{ m} * 0,2 \text{ m} * 0,3 \text{ m} = 0,012 \text{ m}^3$$

**Tiempo de retención**

$$TR = \frac{V}{Q}$$

$$TR = \frac{0,012 \text{ m}^3}{0,014 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}} * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minutos}}} = 51,28 \text{ minutos}$$

### 13.4 Tanque de floculación

El dimensionamiento del tanque se realizó a partir de los siguientes cálculos (Perez P)

**Caudal:**

$$Q = 0,0039 \frac{l}{seg}$$

**Volumen:**

$$V = Q * TR$$

$$V = 0,0039 \frac{l}{seg} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000l} * 3600 \text{ seg} = 0,01404 \text{ m}^3$$

**Área:**

$$A = \pi * r^2$$

$$A = \pi * \left(\frac{0,3 \text{ m}}{2}\right)^2 = 0,071 \text{ m}^2$$

**Altura excesiva:**

$$H = \frac{Vol}{Area}$$

$$H = \frac{0,01404 \text{ m}^3}{0,071 \text{ m}^2} = 0,20 \text{ m}$$

**Altura total:**

$$H_t = H + \text{Borde libre}$$

$$H_t = 0,20 \text{ m} + 0,03 \text{ m} = 0,23 \text{ m}$$

## **CALCULO DEL AGITADOR**

**Diámetro del agitador:**

$$\frac{Dt}{D_a} = 3$$

$$D_a = \frac{Dt}{3}$$

$$D_a = \frac{0,3 \text{ m}}{3} = 0,10 \text{ m}$$

**Ancho de paleta:**

$$B = \frac{D_a}{4}$$

$$B = \frac{0,10 \text{ m}}{4} = 0,025 \text{ m}$$

**Alto de paleta:**

$$b = \frac{D_a}{5}$$

$$b = \frac{0,10 \text{ m}}{5} = 0,02 \text{ m}$$

## **CALCULO POTENCIA DEL MOTOR**

Viscosidad del agua ( $\mu$ )

$$\mu = 0,0001055 \frac{\text{kgf} \cdot \text{s}}{\text{m}^2}$$

Se supone un gradiente de  $G = 900 \text{ s}^{-1}$

**Potencia total consumida:**

$$P_t = \mu + G^2 * V$$

$$P_t = \frac{(0,0001055 \text{ kgf} * s) * 900^2 * 0,01404 \text{ m}^3}{\text{m}^2 \text{ s}^2} = 1,20 \frac{\text{kgf} * \text{m}}{\text{s}}$$

$$P_t = \frac{1,20 \frac{\text{kgf} * \text{m}}{\text{s}}}{76} = 0,016 \text{ HP}$$

**Potencia del motor:**

$$P_m = \frac{P_t}{\% \text{ de eficiencia}}$$

La eficiencia depende de la eficiencia del motor, las poleas, la energía inicial para romper la inercia.

Se supone una eficiencia del 85%

$$P_m = \frac{0,016 \text{ HP}}{85\%} = 0,019 \text{ HP}$$

**Numero de revoluciones del agitador:**

$$n = \sqrt[3]{\frac{Pgc}{k * \delta * D^5}}$$

Densidad del agua a 19°C

$$\delta = 998,43 \text{ kg/m}^3$$

$$n = \sqrt[3]{\frac{(1,20 \frac{\text{kgf} * \text{m}}{\text{s}}) * (9,81 \text{ kg} * \text{m}) * \text{m}^3}{s * \text{kgf} * s^2 (998,43 \text{ kg}) * (0,10 \text{ m})^5 * (4,05)}} = 6,63 \text{ RPS}$$

### 13.5 Lechos de secado

Cálculos para los lechos de secado.

**Sólidos secos totales:**

$$S_{secos T} = S_{secos des} + S_{secos clarif}$$

$$S_{secos} = 0,0025 \frac{\text{kg}}{\text{d}} + 0,03 \frac{\text{kg}}{\text{d}} = 0,032 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$$

**Volumen de lodo húmedo:**

$$\text{Lodo humedo} = \frac{S \text{ secos}}{\left(\frac{\% \text{ solidos}}{100}\right)}$$

$$\text{Lodo humedo} = \frac{0,032 \frac{kg}{día}}{\left(\frac{1,50}{100}\right)} = 2,15 \frac{kg}{día}$$

**Volumen cámara:**

$$V = \text{Vol. lodo hum} * \text{tiempo de secado}$$

$$V = 0,0021 \frac{m^3}{día} * 8 \text{ días} = 0,0169 m^3$$

**Área lecho de secado:**

$$A_{\text{Total}} = \frac{\text{Volumen de la camara}}{\text{Lamina de lodos}}$$

$$A = \frac{0,0169 m^3}{0,29 m} = 0,06 m^2$$

**Longitud de cada lecho:**

$$L = \frac{\text{Área por lecho}}{\text{Ancho de lecho secado}}$$

$$L = \frac{0,06 m^2}{0,25 m} = 0,23 m$$

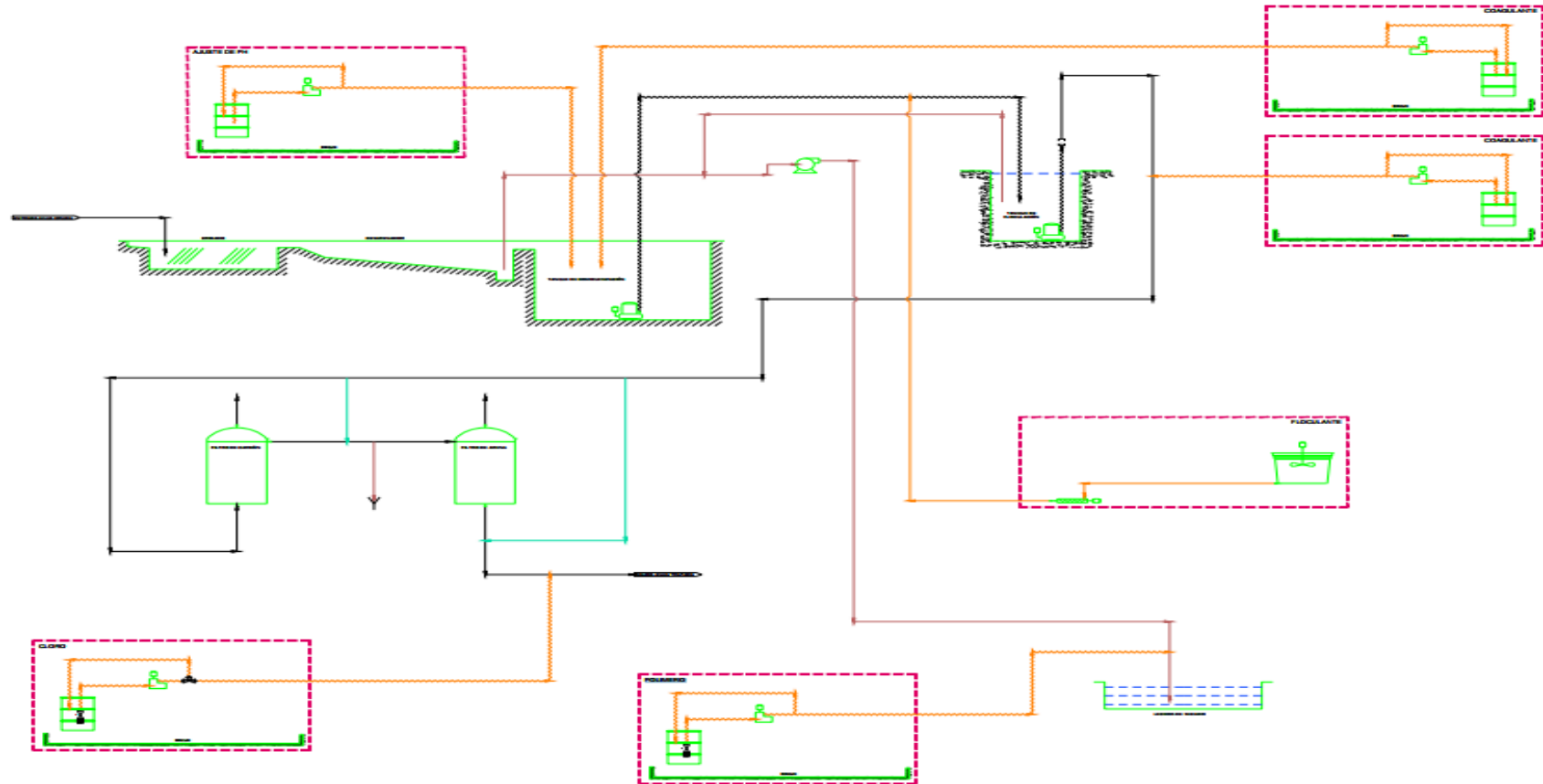
**Altura total de los lechos:**

$$H_{\text{total}} = \text{lamina de lodos} + H. \text{lechos} + \text{Borde libre}$$

$$H_{\text{total}} = 0,29 m + 0,3 m + 0,15 m = 0,74 m$$

En el diagrama se puede apreciar el proceso de la planta de tratamiento, en el (anexo 4) se puede ver a detalle.

**Diagrama 3.** *Diagrama de proceso de la planta de tratamiento.*



*Fuente:* Autores.

## RESULTADO DEL DIMENSIONAMIENTO POR UNIDADES

- **Cribado**

*Tabla 11. Dimensiones del Cribado.*

Parámetro	Valor	Unidad
Diámetro de cada barra	0.00635	m
Angulo inclinación rejillas	60	(°)
Espaciamiento entre barras	0.015	m
Ancho canal	0.31	m
Angulo inclinación radianes	0.890	-
Pérdida de energía	2.64E-06	m
Velocidad de flujo adoptada	0.01	m/s
Altura de Canal	0.15	m
Largo rejilla	0.17	m
Número de Barras	20	unid
Largo canal	0.5	m

*Fuente: Autores.*

- **Desarenador**

*Tabla 12. Dimensiones desarenador.*

Parámetro	Valor	Unidad
Ancho	0.31	m
Largo	0.6	m
Altura	0.3	m
Volumen de desarenador	0.055	m <sup>3</sup>
Tiempo Retención Hidráulico	235.7	min
Área total	1.96	m <sup>2</sup>
Eficiencia	10	%

*Fuente: Autores.*

- **Tanque de homogenización**

*Tabla 13. Dimensiones Tanque de homogenización.*

Parámetro	Valor	Unidad
Largo	0.2	m
Ancho	0.2	m
Alto	0.3	m
Volumen	0.012	m <sup>3</sup>
Tiempo de residencia	51.28	min

*Fuente: Autores.*

El plano a detalle de las unidades anteriores se encuentra en el (anexo 5).



- **Tanque de floculación**

**Tabla 14.** Dimensiones tanque de Floculación

<b>Parámetro</b>	<b>unidad</b>	<b>valor</b>
Caudal	lps	0.004
Temperatura	°C	19
Gradiente asumido	s-l	900
Tiempo de detención	s	3600
Volumen del tanque	m3	0.01404
Diámetro tanque	m	0.3
Área de tanque	m2	0.071
Altura excesiva (H)	m	0.20
Borde libre	m	0.03
Altura total	m	0.23
Diámetro agitador	m	0.10
Altura desde fondo tanque a centro agitador	m	0.076
Dimensión de paleta ancho	m	0.025
Alto de paleta	m	0.02
Viscosidad del agua ( $\mu$ )	kgf*s/m2	0.0001055
potencia total consumida	kgf*m/s	1.2
Calculo potencia motor	HP	0.016
Eficiencia del motor	%	0.85
Potencia motor	HP	0.019
k	k	4.05
W/D		0.04
Densidad del agua a 19°	kg/m3	998.43
Numero de revoluciones del agitador (n)	RPS	6.63
n	RPM	397.6352708
Eficiencia	%	99.72

**Fuente:** Autores.

El plano a detalle del Floculador se encuentra en el (anexo 6).

- **Lechos de secado**

**Tabla 15.** Dimensiones lechos de secado.

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
SS	Kg/d	0.032
Porcentaje de solidos	(%)	1.50
Lodo en base húmeda	Kg/d	2.15
Densidad Lodo	Kg/m <sup>3</sup>	1017.00
Volumen lodo húmedo	m <sup>3</sup> /d	0.0021
Tiempo de secado	días	8.00
Volumen de la cámara de lecho	m <sup>3</sup>	0.0169
Lamina de lodos	m	0.29
Área lecho de secado	m <sup>2</sup>	0.06
Número de lechos de secado	Unidades	1.00
Área x lecho de secado	m <sup>2</sup>	0.06
Ancho lecho de secado	m	0.25
Longitud lecho de secado	m	0.23
H Lechos	m	0.3
Borde libre	m	0.15
Altura total	m	0.74

**Fuente:** Autores.

El plano a detalle del lecho de secado se encuentra en el (*anexo 7*).

Conforme a los cálculos y las dimensiones previamente mencionadas se hace el plano a detalle de la planta de tratamiento completa ver (*anexo 9*) y el perfil hidráulico de la planta de tratamiento ver (*anexo 10*).

#### **14. EFICIENCIA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO**

Para determinar el rendimiento de cada unidad de tratamiento y del sistema en general se tomaron como referencia los rendimientos propuestos en el libro de Tratamiento de aguas residuales de Jairo Alberto Romero en la pág. 141 (Romero, 1999), que se encuentra a continuación:

**Tabla 16.** Calidades y rendimientos obtenibles de los procesos de tratamiento de aguas residuales.

Proceso	SS	DBO	DQO	BACT	N	NH <sub>3</sub> -N	P	ABS	LAS	*
Adsorción con carbón, mg/L	<1	<2	<10	-	-	-	-	-	-	119
Cribado fino - % de remoción	2 - 20	5 - 10	5 - 10	10 - 20	-	-	-	-	-	67
Desarenadores - % de remoción	0 - 10	0 - 5	0 - 5	-	-	-	-	-	-	89
Sedimentación - % de remoción	50 - 65	30 - 40	30 - 40	-	10 - 20	0	10 - 20	-	-	89
Sedimentación - % de remoción	50 - 90	10 - 30	-	-	-	-	-	-	-	34
Sedimentación - % de remoción	40 - 70	25 - 40	20 - 35	25 - 75	-	-	-	-	-	67
Sedimentación - % de remoción	-	-	-	-	-	-	-	2 - 3	2 - 3	68
Tanque séptico - % de remoción	-	-	-	-	-	-	-	9,2	11,8	68
Tanque séptico + campo de percolación - % de remoción	-	-	-	-	-	-	-	74	97	68
Tanque Imhoff - mg/L	80	120	350	-	35	25	9	-	-	69
Precipitación química - % de remoción	70 - 90	50 - 85	40 - 70	40 - 80	-	-	-	-	-	67
Precipitación química - mg/L	<10	-	-	-	-	-	<1	-	-	24
Flotación - % de remoción	70 - 95	10 - 50	-	-	-	-	-	-	-	34
Filtros percoladores tasa baja, mg/L	25	18	100	-	25	1	7	-	-	69
Filtros percoladores tasa baja, %	-	-	-	-	-	-	-	35	35	69
Filtros percoladores tasa alta, mg/L	30	20	100	-	30	25	7	-	-	69
Filtros percoladores tasa alta, %	60 - 85	65 - 80	60 - 80	-	15 - 50	8 - 15	8 - 12	-	-	89
Filtros percoladores tasa alta, %	-	-	-	-	-	-	-	19	71	68
Filtros percoladores, % de remoción	50 - 92	50 - 95	50 - 80	90 - 95	-	-	-	-	-	67
Biorres, mg/L	30	20	100	-	30	25	7	-	-	69
Biodiscos, % de remoción	80 - 85	80 - 85	80 - 85	-	15 - 50	8 - 15	10 - 25	-	-	89
Biodiscos, mg/L	25	18	100	-	25	3	7	-	-	69
Lodos activados, % de remoción	80 - 90	80 - 95	80 - 85	-	15 - 50	8 - 15	10 - 25	-	-	89
Lodos activados, % de remoción	-	-	-	-	-	-	-	45 - 50	95	68
Lodos activados, % de remoción	55 - 95	55 - 95	50 - 80	90 - 98	-	-	-	-	-	67
Lodos activados, M.C., mg/L	20	15	90	-	25	20	7	-	-	69
Lodos activados, E y C, mg/L	20	15	90	-	25	20	7	-	-	69
Lodos activados, A.P., mg/L	20	15	90	-	30	2	7	-	-	69
Laguna aireada, mg/L	20	15	90	-	30	2	7	-	-	69
Zanjon de oxidación, mg/L	20	15	90	-	30	2	7	-	-	69
Lagunas anaerobias, mg/L	100	40	140	-	20	1	4	-	-	69
Lagunas facultativas, mg/L	120	40	160	-	20	1	4	-	-	69
Lagunas facultativas, % de remoción	-	-	-	-	-	-	-	< 40	93	68
Lagunas facultativas, % de remoción	85 - 95	90 - 95	70 - 80	95 - 98	-	-	-	-	-	67
Disposición s/suelo, mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
• Riego	2	4	80	-	6	1	0 - 5	-	-	69
• Flujo sobre el suelo	4	4	90	-	10	4	3	-	-	69
• Infiltración - percolación	2	4	50	-	10	1	0 - 5	-	-	69
Cloración, % de remoción	-	15 - 30	-	90 - 95	-	-	-	-	-	-
A.R. crudas	-	-	-	99	-	-	-	-	-	-
A.R. tratadas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Fuente:** (Romero, 1999)

Con respecto a la eficiencia del sistema de floculación, esta se tomó con la experimentación que se hizo en laboratorio en el ensayo de jarras mirando el porcentaje que me removió.

Se realiza el cálculo del rendimiento por unidad usando la fórmula de eficiencia y teniendo en cuenta el porcentaje de remoción por parámetro que para este caso serán SST, DBO y DQO.

Se hace el cálculo del cribado como ejemplo de cálculo omitiéndose para el resto de unidades ya que el cálculo es el mismo.

$$Eficiencia SST_{cribado} = \left( \left( \frac{Agua\ cruda}{\% remoción} \right) * 100\% \right) - (agua\ cruda)$$

## Remoción SST

$$Eficiencia SST_{cribado} = \left( \left( \frac{1780 \frac{mg}{l}}{20\%} \right) * 100\% \right) - \left( 1780 \frac{mg}{l} \right) = 1424 \frac{mg}{l}$$

## Remoción DBO

$$Eficiencia\ DBO_{cribado} = \left( \left( \frac{134\ \frac{mg}{l}}{10\ \%} \right) * 100\% \right) - \left( 134\ \frac{mg}{l} \right) = 121\ \frac{mg}{l}$$

## Remoción DQO

$$Eficiencia\ DQO_{cribado} = \left( \left( \frac{1162\ \frac{mg}{l}}{10\ \%} \right) * 100\% \right) - \left( 1162\ \frac{mg}{l} \right) = 1046\ \frac{mg}{l}$$

### 14.1 Oxidación y desinfección con cloro

La aplicación del Cloro al agua tiene en este caso y para este tipo de agua dos importantes funciones en primera medida es la de remover los compuestos orgánicos que se encuentran aún presente en el agua ya que el Cloro es un oxidante de estos compuestos por excelencia y segundo eliminar los microorganismos patógenos.

A continuación se encuentra una tabla con las dosificaciones químicas típicas para la oxidación de compuestos orgánicos en aguas residuales (Metcalf & Eddy, 2003).

**Tabla 17.** Dosificación química para oxidación de compuestos orgánicos.

Chemical	Use	Dosage, kg/kg destroyed	
		Range	Typical
Chlorine	BOD reduction		
	Settled wastewater	0.5-2.5	1.75
	Secondary effluent	1.0-3.0	2.0
Ozone	COD reduction		
	Settled wastewater	2.0-4.0	3.0
	Secondary effluent	3.0-8.0	6.0

**Fuente:** (Metcalf & Eddy, 2003)

Con respecto a la tabla anterior se determina la cantidad de Hipoclorito de Sodio que se debe usar para remover DBO, la cual dice que para eliminar un kilogramo (su equivalente en ppm) de DBO se requieren 2 kilogramos (su equivalente en ppm) de Hipoclorito de Sodio.

Debido a que todavía no se cumple con la normatividad aplicable se hace un estimado de remoción para llegar a cumplir; para la DBO se debería eliminar 15.40 mg/l quedando un dato para cumplimiento de norma de 20 mg/l para lo cual se necesita de una dosificación de 30,8 mg/l de cloro, teóricamente según (Metcalf & Eddy, 2003).

Cabe resaltar que la dosificación de cloro ya se determina experimentalmente en campo, realizando una curva de cloro obteniendo la dosificación optima tanto para desinfección como oxidación.

En la siguiente tabla se puede encontrar compilados todos los datos de remoción por cada una de las unidades

**Tabla 18.** Rendimiento del sistema.

Porcentaje de remoción por unidad	INICIAL	CRIBADO	DESARENADOR	FISICOQUÍMICO	FILTRO CARTUCHO DE PP	FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO	DESINFECCIÓN
	0%	20%-10%-10%	10% - 5% - 5%	99,72% - 84,26% - 14,18%	80% - 40% - 40%	60% - 40% - 40%	-----
<b>SST (mg/L)</b>	1780	1424	1281,6	3,6	0,7	0,3	0,3
<b>DQO (mg/L)</b>	1162	1046	993,5	156,4	93,8	56,3	56,3
<b>DBO (mg/L)</b>	134	121	114,5	98,3	59	35,4	20

**Fuente:** Autores.

Se concluye que con este sistema de tratamiento se cumple la normatividad vigente en vertimientos como se puede evidenciar en la siguiente tabla:

**Tabla 19.** Comparación del vertimiento con la normatividad.

PARÁMETRO	UNIDAD	Calidad del Agua del efluente	Resolución 0631 de 2015			
			Sector	Resolución 2833 de 2008	Cumplimiento de normatividad	
			AGROINDUSTRIA		Res. 0631 de 2015	Res. 2833 de 2008
<b>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</b>	(mg/L O <sub>2</sub> )	56,3	150	NA	Si	NA
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)</b>	(mg/L O <sub>2</sub> )	20	50	20	Si	Si
<b>Sólidos Suspendidos Totales (SST)</b>	mg/L	0,28	100	NA	Si	NA

**Fuente:** Autores

## 15. ALTERNATIVA DE RECIRCULACIÓN Y REUSÓ

Para poder determinar si un sistema de recirculación se puede utilizar como alternativa en cuanto al uso de agua es necesario hacer un análisis de costo beneficio de la recirculación y el del vertimiento del agua tratada.

**Tabla 20.** Comparación alternativa de recirculación y vertimiento directo.

FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA	
Con recirculación	Vertimiento directo
<b>Beneficios</b> Eficiencia en tiempos de llenado Se ajusta al programa de Uso eficiente de ahorro de agua expedida por el Ministerio de ambiente y Desarrollo Sostenible ya que su función principal es el reusó de agua.	<b>Beneficios</b> No se requiere de infraestructura adicional El costo del agua que se requiere al mes es de \$10.795/ mes Se ajusta al programa de Uso eficiente de ahorro de agua del ministerio de medio ambiente en cuanto a tratamiento de agua.

<b>Limitantes</b>	<b>Limitantes</b>
<p>Costos de inversión, entre los cuales se encuentran.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Costos de infraestructura: tanque de almacenamiento, tubería de conducción del agua, motobomba y estructura para poner el tanque.</li> <li>• Costos en energía, que utiliza la motobomba para mover el agua.</li> <li>• Costos de operación, hace referencia a los gastos necesarios para que el sistema siga en funcionamiento, como el operario y el mantenimiento.</li> </ul> <p>Área ya que se emplea de un espacio importante para su instalación.</p>	<p>No presenta ningún tipo de limitante, ya que la capacidad instalada y el caudal de diseño permiten que haya funcionamiento del sistema propuesto.</p>

***Fuente: Autores***

Haciendo la comparación de costo-beneficio entre el sistema de recirculación y el vertimiento directo del agua se puede observar que es más rentable el verter directamente que recircularla debido a que el costo de llenar la planta diariamente es mucho menor que el de la implementación de unidades para reincorporarla al proceso de lavado, por otra parte se usa un espacio importante para la instalación del tanque de almacenamiento y tubería en la recirculación mientras que en el verter no requiere de construcción de unidades extra. En cuanto a calidad del agua es mejor verter el agua que volverla a utilizar para el proceso de lavado ya que si se vuelva a pasar por el sistema de tratamiento en repetidas ocasiones el agua va perdiendo calidad el agua lo que con el pasar del tiempo provoca que esta tenga un olor y color fuertes y los costos de operación también son considerables. Por estas razones se declina la posibilidad de emplear recirculación para este sistema.

## 16. ANÁLISIS DE LODO

El suelo que esta adherido al tubérculo llega a la etapa de lavado donde se convierte en lodo, una vez terminado el lavado este sedimento se dispone de manera incontrolada sin ningún tipo de tratamiento. Para disminuir la pérdida del suelo y los daños que este pueda ocasionar al ecosistema se pensó en la alternativa de ser reincorporado al cultivo como abono, compost o acondicionador de suelo.

Para poder determinar si este sedimento restante de la actividad del lavado de papa servía para reincorporación al suelo fue necesario realizar un análisis químico del suelo, donde se determinaron las características y las propiedades químicas que lo componen haciendo una cuantificación de los nutrientes y compuestos orgánicos e inorgánicos y estableciendo el estado nutricional, determinando la calidad del mismo, para determinar su uso. El análisis se realizó en el laboratorio de agua y suelos de la Universidad Nacional de Colombia, donde se determinó Nitrógeno, Potasio, Fósforo, pH, Calcio, Magnesio, Hierro, Sodio, Carbono Orgánico, Acidez de cambio y Capacidad de intercambio Catiónico. (Ver anexo 10.)

A continuación, se encuentran los resultados de los análisis químicos del suelo:

**Tabla 21.** Composición química del suelo.

ELEMENTO O PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Nitrógeno (N)	%	<0,08
Potasio (K)	Meq/100g	5,47
Fósforo (P)	mg/kg	9,08
pH	Unidades	5,5
Calcio (Ca)	Meq/100g	5,27
Magnesio (Mg)	Meq/100g	2,82
Sodio (Na)	Meq/100g	0,16
Arcilla	%	22



<b>Limo</b>	%	30
<b>Arena</b>	%	48
<b>Carbono orgánico (CO)</b>	%	<0,17
<b>Acidez intercambiable (AI)</b>	Meq/100g	0,00
<b>Capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE)</b>	Meq/100g	13,7
<b>Textura</b>	-	F (franco)

***Fuente:*** Autores.

De acuerdo con la resolución 150 de 2003 del ICA en el anexo A, donde se habla de la clasificación, composición y requerimientos que debe tener un fertilizante o un acondicionador de suelo; este tipo de lodo secado proveniente del lavado de papa se considera un acondicionador orgánico natural de suelos, ya que es un producto de origen vegetal, estabilizado y manejado de manera ambientalmente limpia, que se aplica al suelo principalmente para mejorar sus propiedades físicas y biológicas (ICA, 2003).

Debido a que el contenido de nutrientes primarios (NKP) es bajo no se puede llegar a considerar como un fertilizante de suelos, pero si puede servir como aditivo para mejorar las características de los fertilizantes y se pueda reincorporar a suelos de diferentes cultivos, en este caso se puede usar de nuevo en el cultivo de papa y así recuperar un poco del suelo que se ha perdido en la siembra.

## **17. PRESUPUESTO**

En la siguiente tabla se encuentra el presupuesto del proyecto y costo de operación mensual de la planta de tratamiento.

*Tabla 22. Presupuesto del proyecto.*

TRATAMIENTO PRINCIPAL				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNID.	VALOR	SUBTOTAL
<b>1</b>	<b>CLARIFICADOR</b>			<b>\$ 1.220.000</b>
	Agitador	1	\$ 1.220.000	\$ 1.220.000
	Tanque de floculación			
<b>2</b>	<b>FILTRO ARENA</b>			<b>\$ 88.000</b>
	Carcasa de cartucho	1	\$ 51.500	\$ 51.500
	Cartucho	1	\$ 36.500	\$ 36.500
<b>3</b>	<b>FILTRO CARBÓN</b>			<b>\$ 68.500</b>
	Carcasa de cartucho	1	\$ 51.500	\$ 51.500
	Cartucho de carbón	1	\$ 17.000	\$ 17.000
<b>4</b>	<b>BOMBAS</b>			<b>\$ 1.409.000</b>
	Bombas centrifugas	7	\$ 200.000	\$ 1.400.000
	Galón (4L)	5	\$ 1.800	\$ 9.000
<b>5</b>	<b>INSTRUMENTACIÓN</b>			<b>\$ 1.020.000</b>
	Manómetro	4	\$ 110.000	\$ 440.000
	Peachimetro	1	\$ 320.000	\$ 320.000
	Medidor volumétrico	2	\$ 130.000	\$ 260.000
<b>6</b>	<b>TABLERO DE CONTROL</b>			<b>\$ 120.200</b>
	Tablero eléctrico	1	\$ 120.200	\$ 120.200
<b>7</b>	<b>TRATAMIENTO DE LODOS</b>			<b>\$ 230.300</b>
	Bomba centrifuga	1	\$ 200.000	\$ 200.000
	lecho secado	1	\$ 8.300	\$ 8.300
	Arena	1	\$ 11.000	\$ 11.000
	Grava de 1/2"	1	\$ 11.000	\$ 11.000
	<b>Piping</b>			<b>\$ 207.800</b>
<b>8</b>	piping	1	\$ 207.890	\$ 207.800
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 4.156.000</b>
<b>9</b>	<b>OBRAS CIVILES</b>			<b>\$ 500.000</b>
<b>10</b>	<b>MANO DE OBRA</b>			<b>\$ 3.068.102</b>
		<b>UNID.</b>	<b>VALOR</b>	<b>SUBTOTAL</b>
	Administración	1	\$ 615.780	\$ 615.780
	Ingeniería	1	\$ 207.890	\$ 207.890
	Montaje	1	\$ 415.780	\$ 415.780
	Puesta en marcha	1	\$ 103.945	\$ 103.945
	Complementarios	1	\$ 62.367	\$ 62.367
	Imprevistos	1	\$ 415.780	\$ 415.780
	Utilidad	1	\$ 1.247.340	\$ 1.247.340
			<b>Subtotal</b>	<b>\$ 7.930.840</b>
			<b>IVA</b>	<b>\$ 1.506.860</b>
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 9.437.700</b>

*Fuente: Autores.*

**Tabla 23.** Costo operación mensual

<b>COSTO OPERACIÓN</b>			<b>\$ 530.848</b>
Hidróxido de sodio (L/mes)	34	\$ 3.000	\$ 102.000
Sulfato de aluminio (L/mes)	51	\$ 4.000	\$ 204.000
Floculante aniónico (L/mes)	17	\$ 4.000	\$ 68.000
Hipoclorito de sodio (L/mes)	8,5	\$ 1.200	\$ 10.200
Cartuchos mensuales	2	\$ 53.500	\$ 107.000
Costo operario	0,05	\$ 792.961	\$ 39.648
		<b>IVA</b>	\$ 100.861
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 631.709</b>

**Fuente:** Autores.

## 18. CONCLUSIONES

- Se dimensiono un sistema de tratamiento de aguas residuales para la industria de papa teniendo en cuenta la calidad del agua cruda con respecto a los parámetros de DBO, DQO y Sólidos suspendidos totales; dando como resultado una planta compuesta por un cribado, un desarenador, un tanque de homogenización, un tanque de floculación, un filtro de cartucho de polipropileno y un filtro de cartucho de carbón activado y finalmente un lecho de secado.
- Para determinar el tipo de floculante y coagulante más efectivo, así como las dosis optimas de estos se realizaron ensayos con test de jarras, tomando como base el cumplimiento de la resolución 0631/2015 y la resolución 2833/2008. Obteniendo resultados óptimos en remoción de parámetros fisicoquímicos para la normatividad 0631 y la resolución 2833. A su vez se obtuvo que el floculante más efectivo fue el floculante aniónico (2 ppm) y como coagulante Sulfato de Aluminio (6 ppm).
- Para el dimensionamiento del sistema de tratamiento se tuvo en cuenta un sistema por lotes o cochadas con un tiempo de operación de 1 hora debido al volumen de operación de la planta.
- Se desistió de reutilizar el agua para la planta de lavado ya que los costos para almacenamiento y reutilización del agua tratada son elevados, por tal razón no es viable esta alternativa.
- Con referencia al lodo restante de la actividad del lavado de papa, teniendo como base la norma de fertilizantes y acondicionadores orgánicos se pudo determinar que este lodo puede servir como aditivo para mejorar los componentes de un fertilizante convencional, por lo que al realizar esta mezcla se puede reincorporar al suelo de diferentes cultivos.

- Las dosificaciones de Flocculante y Coagulante deben ser ajustadas en campo, ya que la dosis varía dependiendo de las características del agua después del lavado, por lo que estas dosis pueden ser mayores o menores a las propuestas en este proyecto.

## **19. RECOMENDACIONES**

- Se debe implementar un sistema de mantenimiento de todas las unidades de la planta previniendo averías como la presentada en el motor el cual presentaba una fuga de aceite.
- Una vez puesto en marcha el sistema de tratamiento se recomienda hacer un análisis del agua tratada después de los filtros para verificar la cantidad de cloro a aplicar.
- En caso de que los lodos tarden mucho tiempo para secarse es recomendable agregar cal para ayudar con su deshidratación.
- Para la dosificación de Hipoclorito de sodio se debe realizar una curva de demanda de Cloro previa a la aplicación, para determinar la dosis óptima para desinfección del agua.
- Se recomienda que las unidades de tratamiento primario se fabriquen en fibra de vidrio por sus dimensiones, por la facilidad de su instalación y limpieza.
- Debido a que el costo de la implementación de la PTAR es alto de acuerdo al presupuesto de la empresa, se sugiere que el vertimiento sea recolectado y tratado por una empresa tercera que vierta esta agua con los parámetros de calidad que exige la norma.

## 20. BIBLIOGRAFÍA

- Pérez Guzmán, J. A., & Rincón Ojeda, M. C. (2016). *Repositorio universidad de la salle* .  
Obtenido de  
[http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/18670/41111023\\_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/18670/41111023_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- acercar. (2012). *Actividad: proceso de lavado de la papa*.
- ACS. (4 de Mayo de 2015). *ACS Medio Ambiente* . Obtenido de  
<http://www.acsmedioambiente.com/filtrospremsa.html>
- ADY SYSTEMS. (2016). *EL ADI-MBR TRATA EL AGUA RESIDUAL DE UNA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE PAPAS*. Canadá.
- Aguamarket. (s.f.). *Sólidos sedimentables*. Santiago de Chile.
- Alcaldía de Pasca -Cundinamarca. (2017). *Identificación del municipio*. Pasca.
- ALIANZA UNINORTE CON EL HERALDO. (2015). *La agricultura consume el 70% del agua en el mundo*.
- Alonso, J. L. (13 de Mayo de 2013). *REDEPAPA*. Obtenido de  
<https://redepapa.org/2013/05/10/lavadora-de-papa-manual/>
- Andía Cárdenas , Y. (2000). *Tratamiento de Agua Coagulación y Floculación*. Lima: SEDAPAL.
- Baker , M. (1948). The quest for pure water: the history of water purification from the earliest records to the twentieth century . *American Water Works Associations* , 150-175.
- Bourke , M. (Junio de 2000). *Globalwater*. Obtenido de  
[https://globalwater.mit.edu/sites/default/files/documents/Brazil\\_Bourke2000.pdf](https://globalwater.mit.edu/sites/default/files/documents/Brazil_Bourke2000.pdf)
- Cánepa de Vargas , L., Maldonado, V., Barrenechea , A., & Aurazo, M. (2004). *Biblioteca Virtual en Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental*. Obtenido de  
[http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualII/ma2\\_cap3.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualII/ma2_cap3.pdf)
- Castellanos Rincón , L., & García Parra, C. (03 de Julio de 2015). *Ucatolica* . Obtenido de  
<http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2408/1/Final%20Trabajo%20de%20Grado.pdf>
- CLIMATE-DATA.ORG. (2016). *CLIMATE-DATA.ORG*. Obtenido de <https://es.climate-data.org/location/49843/>
- Cogollo Floréz , J. M. (2009). CLARIFICACIÓN DE AGUAS USANDO COAGULANTES POLIMERIZADOS: CASO DEL HIDROXICLORURO DE ALUMINIO. *REVISTA DYNA, Universidad Nacional de Colombia*, 18-27.
- Consejo municipal de Pasca . (2008). *Centro de documentación e información municipal*. Obtenido de <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/pd%20-%20plan%20de%20desarrollo%20-%20pasca%20-%20cundinamarca%20-%202008%20-%202011.pdf>

- CONtextoganadero. (2015). *Lavar la papa aumentaría 30 % o 40 % la ganancia del productor*.
- Corporacion Autonoma regional. (2012). *Resolución 2461*. Fusagasuga.
- Crites, R., & Tchobanoglous, G. (2000). *Sistemas de manejo de aguas residuales*. Santafé de Bogotá : Mc Graw Hill .
- Cubides, O. M. (2009). *CARACTERIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS ASOCIADAS CON EL USO Y MANEJO DE PLAGUICIDAS EN CULTIVOS DE PAPA. CASO VEREDA MATA DE MORA, EN EL PÁRAMO DE MERCHÁN, SABOYA, BOYACÁ*. Bogotá.
- DANE. (2007). *Sistema de información del Medio Ambiente*.
- Dodane, P. H., & Bassan, M. (2010). *Eawag*. Obtenido de [http://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/publikationen/EWM/FSM\\_Libro\\_low\\_res/manejo\\_fsm\\_cap6\\_120ppi.pdf](http://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/publikationen/EWM/FSM_Libro_low_res/manejo_fsm_cap6_120ppi.pdf)
- EcuRed. (13 de 05 de 2016). *EcuRed*. Obtenido de [https://www.ecured.cu/Tratamiento\\_de\\_aguas\\_residuales](https://www.ecured.cu/Tratamiento_de_aguas_residuales)
- EcuRed. (2017). *Papa (tubérculo)*.
- El campesino. (5 de Abril de 2016). *el campesino*. Obtenido de <http://www.elcampesino.co/la-papa-colombiana-en-cifras/>
- El programa DEL de la Unión Europea para Colombia. (2011). *BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES “LAVADEROS DE PAPA Y ZANAHORIA” REGION VALLE DE TENZA*. Ventaquemada.
- Hazen, A. (1913). *The Filtration of Public Water -Supplies*. New York : J. Wiley & sons .
- Huisman, L., & Wood, W. (1974). *Slow Sand Filtration*. Geneva : World Health Organization .
- ICA. (21 de Enero de 2003). *Instituto Colombiano Agropecuario*. Obtenido de <https://www.ica.gov.co/Areas/Agricola/Servicios/Fertilizantes-y-Bio-insumos-Agricolas/Resolucion-150-de-2003-1-1.aspx>
- IDEAM. (2007). *Grasas y aceites*. Bogota.
- IDEAM. (2007). *Turbiedad*.
- Infojardin . (2015). *Infojardin*. Obtenido de <http://www.infojardin.net/glosario/agua-freatica/aguas-residuales-tratadas.htm>
- INGEMAQ. (2015). *Manual de operaciones y mantenimiento: proyecto liena para el procesamiento poscosecha de papa*. Pasca.
- Instituto Alexander Von Humboldt . (Septiembre de 2003). *CAR*. Obtenido de <https://www.car.gov.co/index.php?idcategoria=43478&download=Y>



- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2004). *FÓSFORO TOTAL EN AGUA POR DIGESTIÓN ACIDA, METODO DEL ACIDO ASCORBICO* . Bogotá.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2007). *DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO POR REFLUJO CERRADO Y VOLUMETRÍA*. Bogotá.
- Lenntech. (5 de 10 de 2017). *WATER TREATMENT* . Obtenido de <https://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/que-es-desinfeccion.htm>
- LÓPEZ, M. E. (s.f.). *Centro de Investigacion y Desarrollo Tecnológico del Agua*. Obtenido de [http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas\\_Residuales\\_composicion.pdf](http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf)
- Lothar Hess, M. (2015). *Biblioteca Virtual en Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental*. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/05862/05862-17.pdf>
- María del Carmen Espinosa Lloréns, Y. L. (2013). Problemática de la determinación de especies nitrogenadas (nitrógeno total y amoniacal) en aguas residuales. *CENIC*.
- Metcalf, & Eddy. (2003). *Wastewater Engineering: treatment and reuse* . Taiwan: Mc Graw Hill.
- Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentacion y Medio Ambiente. (2014). *Sistemas de tratamiento*. España.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (17 de Marzo de 2015). *Fenavi*. Obtenido de [http://www.fenavi.org/images/stories/estadisticas/article/3167/Resolucion\\_0631\\_17\\_marzo\\_2015.pdf](http://www.fenavi.org/images/stories/estadisticas/article/3167/Resolucion_0631_17_marzo_2015.pdf)
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Resolucion N° 0631*. Bogotá.
- Ministerio de Desarrollo Económico. (2000). *RAS - 2000 TÍTULO C SISTEMAS DE POTABILIZACIÓN*. Bogotá : Ministerio de Desarrollo Económico.
- Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. (2000). *RAS - 2000 Título E TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES*. Bogotá : Ministerio de Desarrollo Económico .
- Ministerio de la proteccion social . (9 de mayo de 2007). *Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible* . Obtenido de [http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2007/dec\\_1775\\_2007.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2007/dec_1775_2007.pdf)
- Naranjo, F. (2010). *La problemática ambiental del lavado de la papa*. Costa Rica.
- Organización Panamericana de la Salud . (2004 ). *Tratamiento de agua para consumo humano Manual II: Diseño de plantas detecnologia apropiada* . Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- Organización panamericana de la Salud. (2005). *Guia para el diseño de desarenadores y sedimentadores*. Lima: El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente .

- Pentair Residential Filtration. (2015). *WATERPURIFICATION PENTAIR*. Obtenido de <http://waterpurification.pentair.com/Files/KnowledgeBase/ItemDownload/en/310070-s-pentek-gacseries-rev-d-my15.pdf>
- Pentair Residential Filtration. (2016). *WATERPURIFICATION PENTAIR* . Obtenido de <http://waterpurification.pentair.com/Files/KnowledgeBase/ItemDownload/en/310094-s-pentek-polydepthseries-rev-d-se16.pdf>
- Pérez Farrás, L. (Agosto de 2005). *Facultad de Ingeniería Universidad de Buenos Aires*. Obtenido de [http://www.fi.uba.ar/archivos/institutos\\_teorias\\_sedimentacion.pdf](http://www.fi.uba.ar/archivos/institutos_teorias_sedimentacion.pdf)
- Perez P, J. A. (s.f.). *Biblioteca digital Universidad Nacional*. Obtenido de [http://www.bdigital.unal.edu.co/70/4/45\\_-\\_3\\_Capi\\_2.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/70/4/45_-_3_Capi_2.pdf)
- politecnica, E. (2012). *El agua potable* . Obtenido de <http://www.elaguapotable.com/Manual%20del%20carb%C3%B3n%20activo.pdf>.
- Química Ambiental. (2012).
- Ramallo, r. S. (1990). *Tratamiento de aguas residuales* . Barcelona : Reverté .
- Romero Rojas, J. A. (1999). *Potabilización del agua* . Mexico D.F. : ALFAOMEGA .
- Romero, J. A. (1999). *Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño*. Bogotá : Escuela Colombiana de Ingeniería .
- Russell, D. L. (2012). *Tratamiento de aguas residuales un enfoque practico*. Barcelona, España: Reverté, S. A.
- Sandra Pulido, V. M. (2013). *Ptar Uniminuto*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/ptaruniminuto/origen-y-caracteristicas-de-las-aguas-residuales>
- SóloCiencia. (2013). *solociencia*. Obtenido de <http://www.solociencia.com/ecologia/problematica-global-agua-sector-agricola-mayor-consumidor-agua.htm>

# ANEXOS

## ANEXO 1. REGISTRO FOTOGRÁFICO

### Proceso de lavado y maquinaria



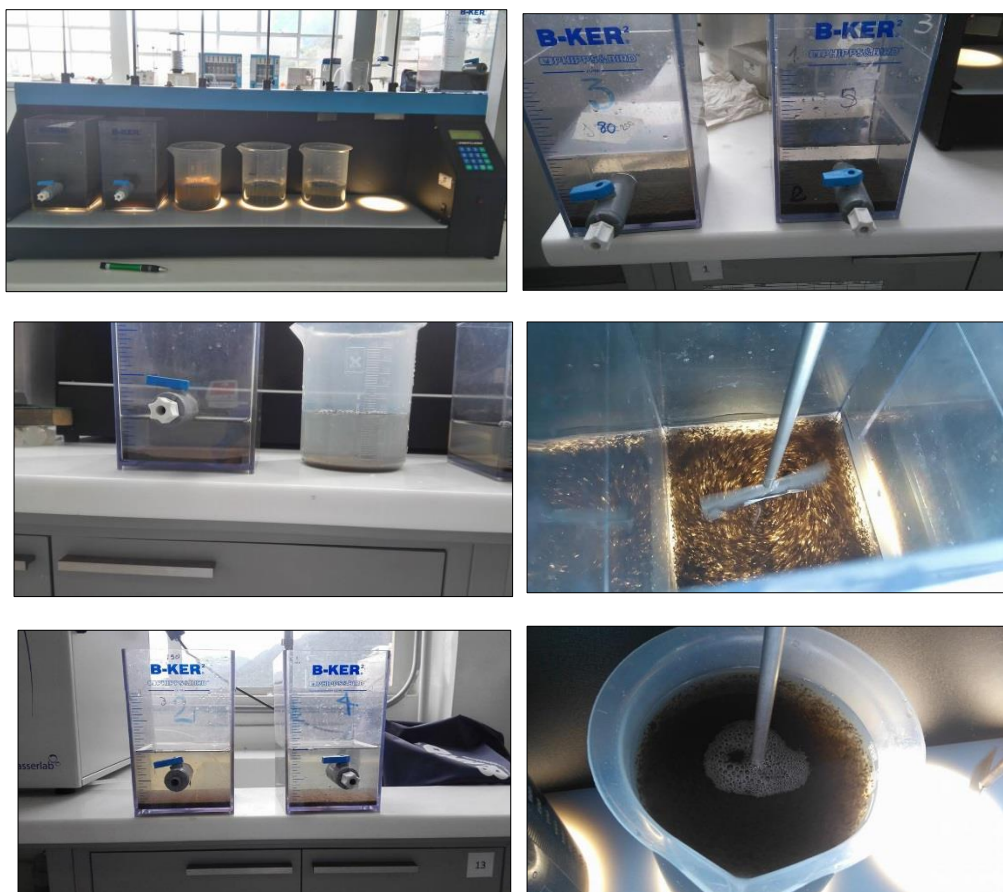
*Fuente: Autores*

## Toma de parámetros In – Situ y recolección de las muestras



*Fuente: Autores*

## Tratabilidad del agua por test de jarras y toma de parámetros del agua clarificada





***Fuente: Autores.***



## ANEXO 2. Informe de resultados LIAC

### Agua cruda



#### INFORME DE RESULTADOS No 365

FECHA: noviembre 29 de 2017

#### DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del cliente: Jessica Pardo Rodríguez

Dirección del cliente: Cra. 27 b bis # 67-01 de Bogotá

Muestras entregadas por: Jessica Camila Pardo Rodríguez

Fecha de recepción de muestras: 02 de noviembre de 2017

#### MUESTRAS RECIBIDAS:

Se recibe una muestra de agua residual puntual para análisis fisicoquímicos.

Identificación cliente	Condiciones de recepción	Identificación LIAC	Custodia No	Matriz
Lavadora de Papa	Temperatura 2°C	5202	686	AGUA

#### MÉTODOS DE REFERENCIA:

Los análisis se realizaron siguiendo estrictamente los protocolos establecidos en el Standard Methods for Examination of Water and Wastewater Edición 22.

#### NORMATIVIDAD DE REFERENCIA:

Resolución 631 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Acuerdo 43 de 2006 de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.

#### RESULTADOS:

Este informe presenta fielmente los resultados obtenidos para las muestras analizadas bajo las condiciones especificadas y corresponden exclusivamente a las muestras recibidas.

NOTA1: Este informe de resultados no puede ser reproducido parcialmente, solo en forma total con previa autorización por escrita de la dirección del LIAC.



Bogotá Sede Chapinero-Carrera 5 N°59A -44, Teléfono 2174587- 3488000 Ext.1291-1292 email:liac@lasalle.edu.co  
Informe No365



Page 1 of 3

FL-Q19 Formato Reporte de Resultados – Versión 5 – 09/07/2015

**NOTA2:** El laboratorio no realizó el muestreo por lo que no se hace responsable del mismo ni de la información relacionada en la cadena de custodia incluyendo la procedencia de las muestras.

**NOTA3:** La muestra analizada cumple con los límites establecidos para los parámetros grasas y aceites, pero no cumple con los límites establecidos para los parámetros DBO y DQO en el capítulo VI de la Resolución 631 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Este capítulo de la resolución no estipula límites para los parámetros nitratos y sólidos suspendidos totales.

La muestra analizada no cumple con los límites establecidos para los parámetros DBO y sólidos suspendidos totales para Clase IV establecidos en el Acuerdo 43 de 2006 de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. Este acuerdo no establece límites para los demás parámetros analizados.

Parámetros acreditados por el Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM:

Resolución 1848 del 24 de Agosto de 2017: Fósforo total y Nitrógeno Kjeldahl

Resolución 0217 de Febrero de 2017: Coliformes termotolerantes (Fecales), Coliformes Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5, Demanda Química de Oxígeno DQO, Ortofosfatos (Fósforo reactivo disuelto), Fósforo total, Sulfatos, Nitritos, Nitratos, Turbidez, Sólidos Disueltos Totales, Bario Total, Cadmio Total, Cromo Total, Plomo Total, Mercurio Total, BTEX: Benceno y algunos derivados (benceno, tolueno, etil benceno, m+p xileno, o-xileno, xileno total). Resolución 2630 de Noviembre de 2016: Selenio Total.

Resolución 2742 de Diciembre de 2015: Conductividad eléctrica, Dureza Total, Calcio Total, Magnesio Total, Potasio Total, Arsénico Total, Hierro Total, Selenio Total, Alcalinidad, Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos – PHA's.

Resolución 3663 de Diciembre de 2014: Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Totales, Sólidos Sedimentables, Cloruros, Fluoruros, Cianuro Total, Carbono Orgánico Total

Este informe de resultados consta de un total de 3 páginas de informe.

Este informe de resultados incluye 0 anexos.

Elsa Fonseca  
T.P.Q 1353  
Directora Laboratorio

Yarsid Pinzón Castellanos  
T.P  
Jefe de Área



Bogotá Sede Chapinero-Carrera 5 N°50A -44, Teléfono 2174587- 3488000 Ext.1291-1292 email:liac@lasalle.edu.co  
Informe No365

Page 2 of 3

FL-019 Formato Reporte de Resultados – Versión 5 – 09/07/2015



INFORME DE RESULTADOS No. 365							
Código LIAC	Matriz	Método/Referencia	Unidades	Resultado	Rango Normatividad	Fecha Análisis	Observaciones
5202	AGUA	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) - SM 5210 B/Prueba	mg O2/L	134	NA	03/11/2017	
5202	AGUA	Sólidos Suspendedos Totales - SM 2540 D/Gravimétrico	mg/L	1780	NA	09/11/2017	
5202	AGUA	Nitratos - SM 4500NO3 B/Electrodo Ión Selectivo	mg N-NO3/L	<1,50	NA	03/11/2017	
5202	AGUA	Grasas y Aceites - SM 5520B/Gravimétrico	mg/L	< 8.0	NA	28/11/2017	
5202	AGUA	Demanda Química de oxígeno DQO - SM 5220 B/Reflujo - Titrimétrico	mgO2/L	1162	NA	21/11/2017	

Este Informe de resultados termina en esta línea



Bogotá Sede Chapinero-Carrera 5 N°50A -44, Teléfono 2174587- 3488000 Ext.1291-1292 email:liac@lasalle.edu.co  
Informe No365

Page 3 of 3

FL-019 Formato Reporte de Resultados – Versión 5 – 09/07/2015

*Fuente: Autores*

### ANEXO 3. Informe de resultados LIAC

#### Agua tratada



#### INFORME DE RESULTADOS No 366

FECHA: noviembre 29 de 2017

#### DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del cliente: Jessica Pardo Rodríguez

Dirección del cliente: Cra. 27 b bis # 67-01 de Bogotá

Muestras entregadas por: Jessica Pardo

Fecha de recepción de muestras: 10 de noviembre de 2017

#### MUESTRAS RECIBIDAS:

Se recibe una muestra de agua residual

Identificación cliente	Condiciones de recepción	Identificación LIAC	Custodia No	Matriz
Planta Lavado de Papa	Temperatura 2°C	5209	687	AGUA

#### MÉTODOS DE REFERENCIA:

Los análisis se realizaron siguiendo estrictamente los protocolos establecidos en el Standar Methods for Examination of Water and Wastewater Edición 22.

#### NORMATIVIDAD DE REFERENCIA:

Resolución 631 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Acuerdo 43 de 2006 de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.

#### RESULTADOS:

Este informe presenta fielmente los resultados obtenidos para las muestras analizadas bajo las condiciones especificadas y corresponden exclusivamente a las muestras recibidas.

NOTA1: Este informe de resultados no puede ser reproducido parcialmente, solo en forma total con previa autorización por escrita de la dirección del LIAC.



Bogotá Sede Chapinero-Carrera 5 N°59A -44, Teléfono 2174587- 3488000 Ext.1291-1292 email:liac@lasalle.edu.co  
Informe No366

Page 1 of 3

FL-019 Formato Reporte de Resultados – Versión 5 – 09/07/2015

NOTA2: El laboratorio no realizó el muestreo por lo que no se hace responsable del mismo ni de la información relacionada en la cadena de custodia incluyendo la procedencia de las muestras.

NOTA3: La muestra analizada cumple con los límites establecidos para los parámetros grasas y aceites, pero no cumple con los límites establecidos para los parámetros DBO y DQO en el capítulo VI de la Resolución 631 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Este capítulo de la resolución no estipula límites para los parámetros nitratos y sólidos suspendidos totales.

La muestra analizada cumple con los límites establecidos para el parámetro sólidos suspendidos totales pero no cumple con el límite para Demanda Bioquímica de Oxígeno para Clase IV establecidos en el Acuerdo 43 de 2006 de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. Este acuerdo no establece límites para los demás parámetros analizados.

Parámetros acreditados por el Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM:

Resolución 1848 del 24 de Agosto de 2017: Fósforo total y Nitrógeno Kjeldahl

Resolución 0217 de Febrero de 2017: Coliformes termotolerantes (Fecales), Coliformes Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5, Demanda Química de Oxígeno DQO, Ortofosfatos (Fósforo reactivo disuelto), Fósforo total, Sulfatos, Nitritos, Nitratos, Turbidez, Sólidos Disueltos Totales, Bario Total, Cadmio Total, Cromo Total, Plomo Total, Mercurio Total, BTEX: Benceno y algunos derivados (benceno, tolueno, etil benceno, m+p xileno, o-xileno, xileno total). Resolución 2630 de Noviembre de 2016: Selenio Total.

Resolución 2742 de Diciembre de 2015: Conductividad eléctrica, Dureza Total, Calcio Total, Magnesio Total, Potasio Total, Arsénico Total, Hierro Total, Selenio Total, Alcalinidad, Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos – PHA's.

Resolución 3663 de Diciembre de 2014: Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Totales, Sólidos Sedimentables, Cloruros, Fluoruros, Cianuro Total, Carbono Orgánico Total

Este informe de resultados consta de un total de 3 páginas de informe.

Este informe de resultados incluye 0 anexos.

Elsa Fonseca  
T.P.Q 1353  
Directora Laboratorio

Yarsid Pinzón Castellanos  
T.P  
Jefe de Área



Bogotá Sede Chapinero-Carrera 5 N°59A -44, Teléfono 2174587- 3488000 Ext.1291-1292 email:liac@lallsalle.edu.co  
Informe No366

Page 2 of 3

FL-019 Formato Reporte de Resultados – Versión 5 – 09/07/2015

INFORME DE RESULTADOS No. 366							
Código LIAC	Matriz	Método/Referencia	Unidades	Resultado	Rango Normatividad	Fecha Análisis	Observaciones
5209	AGUA	Demanda Química de oxígeno DQO - SM5220 B/Reflujo - Titrimétrico	mgO <sub>2</sub> /L	183	NA	21/11/2017	
5209	AGUA	Sólidos Suspendedos Totales - SM 2540 D/Gravimétrico	mg/L	<5	NA	16/11/2017	
5209	AGUA	Nitratos - SM 4500NO <sub>3</sub> B/Electrodo Ión Selectivo	mg N-NO <sub>3</sub> /L	<1,50	NA	11/11/2017	
5209	AGUA	Grasas y Aceites - SM 5520B/Gravimétrico	mg/L	< 8.0	NA	28/11/2017	
5209	AGUA	Demanda Bioquímica de Oxígeno(DBO <sub>5</sub> ) - SM 5210 B/Prueba	mg O <sub>2</sub> /L	115	NA	11/11/2017	

Este Informe de resultados termina en esta línea



Bogotá Sede Chapinero-Carrera 5 N°50A -44, Teléfono 2174587- 3488000 Ext.1291-1292 email:liac@lasalle.edu.co  
Informe No366

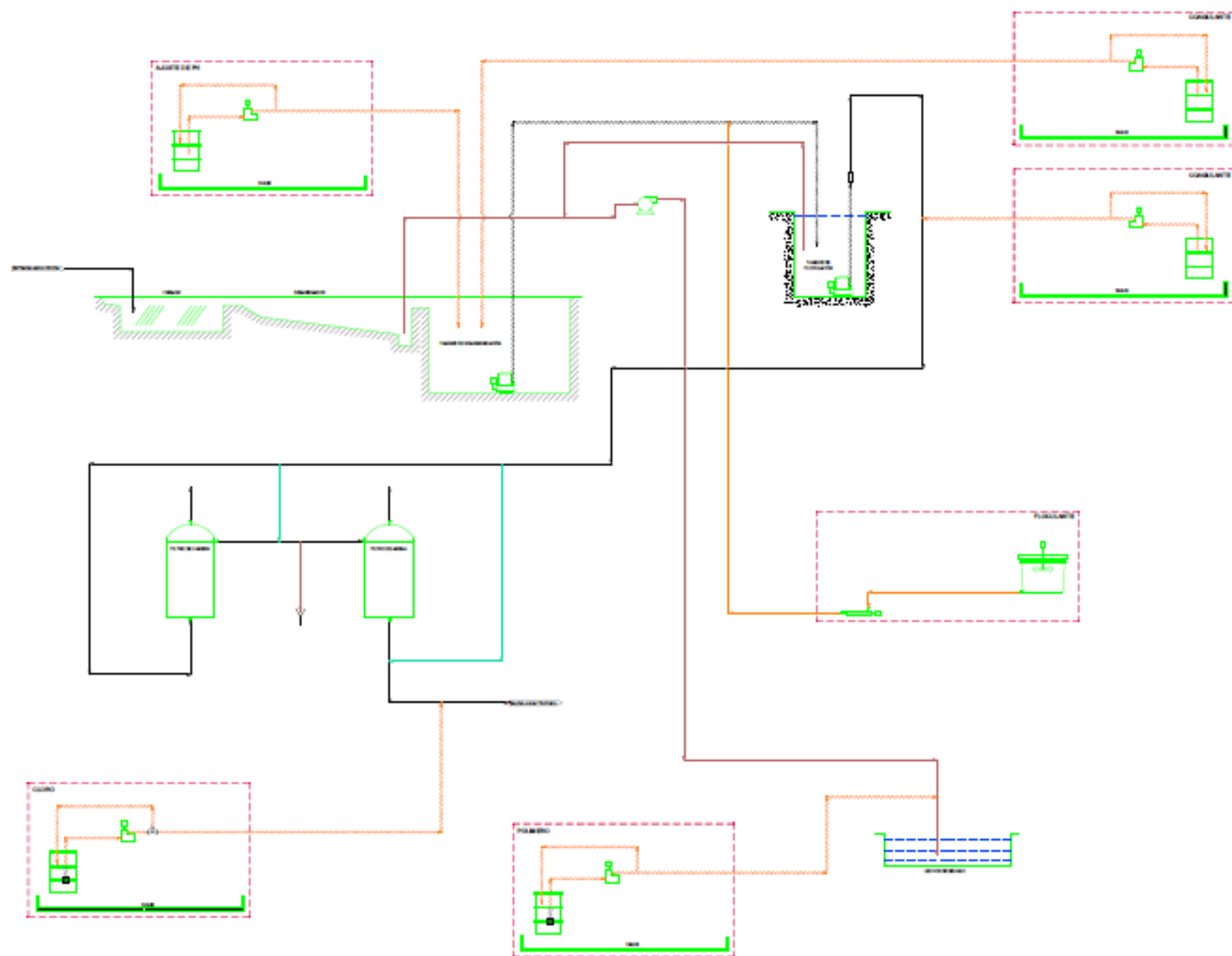


Page 3 of 3

FL-019 Formato Reporte de Resultados – Versión 5 – 09/07/2015

*Fuente: Autores*

## **ANEXO 4. PLANO DIAGRAMA DE PROCESO.**



UNIVERSIDAD DE  
**LA SALLE**

## TRABAJO DE GRADO

### PROYECTO:

PROYECTO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS DURANTE EL PROCESO DE LIMPIEZA DE LA PINTA, DADO DE ESTUDIO PLANTA DE LAVADO DE PINTA CUNDINAMARCA.

### CONTENIDO:

DIAGRAMA DE PROCESO

### INTEGRANTES:

MARLY ALEJANDRA CARDOSO SANTOS  
JESSICA CAMILA PAREDO RODRIGUEZ

### CONVENCIONES:

AGUA  
AIRE  
LÍQUIDO  
SOLUCIÓN  
SOLUCIÓN (SOLUCIÓN)

Este plan de proyecto pertenece a la Universidad de la Salle. En ningún caso puede ser utilizado para fines que no haya sido autorizado, ni ser objeto de reproducción o comunicación a terceros sin nuestra autorización expresa, toda infracción será objeto de acciones legales y/o penales.

### FECHA:

FECHA: 2023

FECHA: 2023

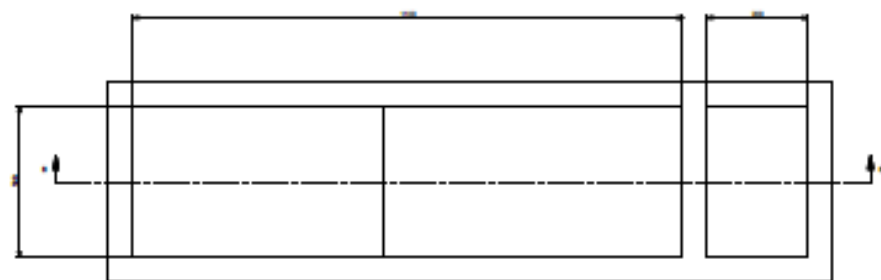
FECHA: 2023

FECHA: 2023

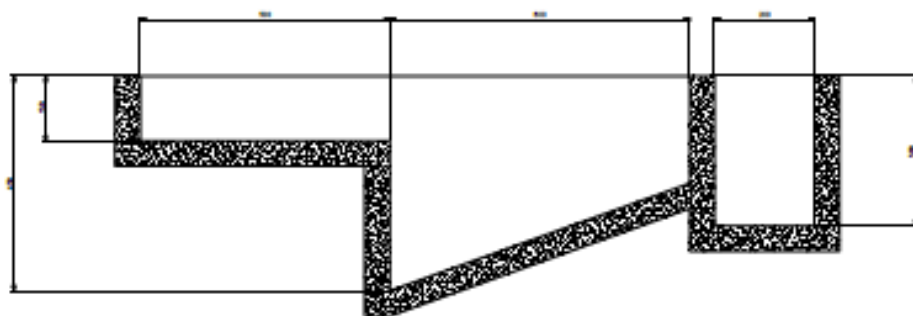
UNIVERSIDAD DE LA SALLE FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SUSTENTABLE

DIAGRAMA DE PROCESO

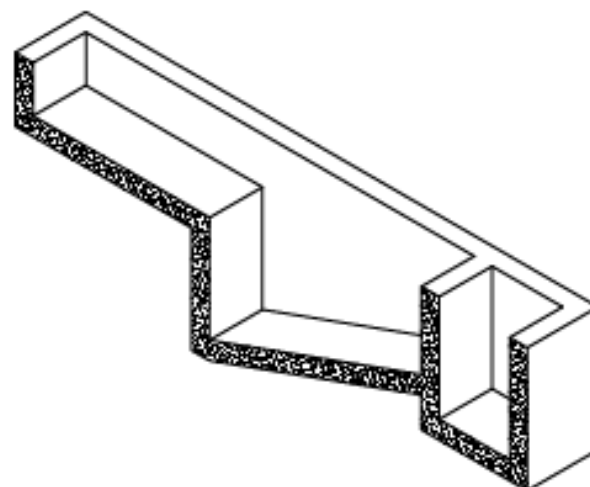
## **ANEXO 5. PLANO CRIBADO, DESARENADOR Y TANQUE DE HOMOGENIZACION**



VISTA EN PLANTA  
ESCALA 1:10



SECCIÓN B-B  
ESCALA 1:10



VISTA EN ELEVACIÓN  
ESCALA 1:10

UNIVERSIDAD DE  
**LA SALLE**

TRABAJO DE GRADO

PROYECTO:

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS DURANTE EL PROCESO DE IMPRESIÓN DE LA PAPELA CASO DE ESTUDIO: PLANTA DE LAMINADO DE PAPELA CUNDINAMARCA

CONTIENE:

CRIBADO, DESARMINADOR Y TANQUE DE HOMOGENIZACIÓN

INTERVANTES:

MARLY ALEXANDRA CARDOSO SANTOS  
JESSICA CAMILA PARDO RODRIGUEZ

CONVENCIONES:

Este plano es propiedad exclusiva de la Universidad de La Salle. En ningún caso podrá ser utilizado para fines que no haya sido autorizado, ni para fines de reproducción o modificación o transferir los derechos de explotación de esta obra a terceros.

NOTAS:

FECHA:  
INDICADA

ESCALA:  
INDICADA

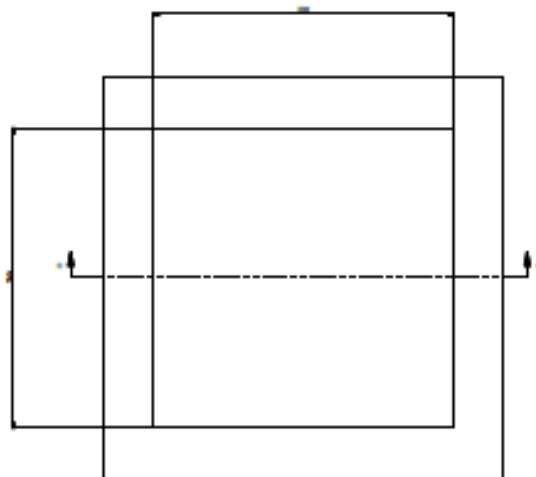
PLANO Nº:  
01

PLANO:  
CRIBADO, DESARMINADOR Y TANQUE DE HOMOGENIZACIÓN

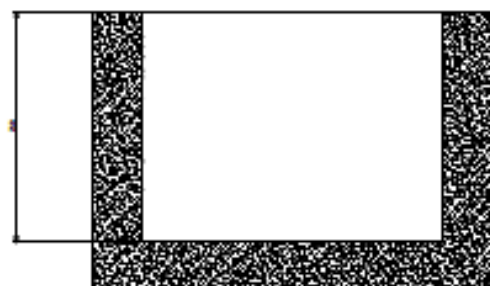
UNIVERSIDAD DE LA SALLE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA



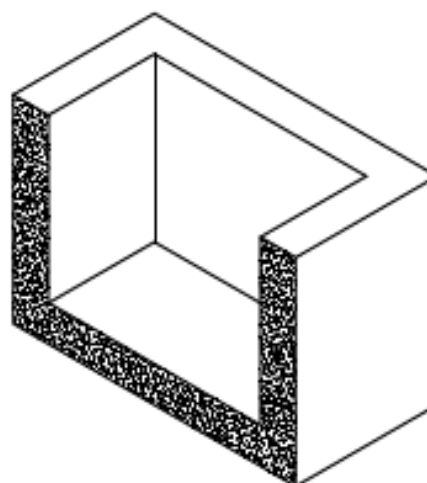
## **ANEXO 6. PLANO FLOCULADOR.**



VISTA EN PLANTA  
ESCALA 1:10



SECCIÓN C-C  
ESCALA 1:10



VISTA EN ELEVACIÓN  
ESCALA 1:10

UNIVERSIDAD DE  
**LA SALLE**

## TRABAJO DE GRADO

### PROYECTO:

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS DURANTE EL PROCESO DE LAMPEO DE LA PAPA CASAO DE ESTUO PLANTA DE LAMADO DE PASCA CUNCOMBARCA

### CONTIENE:

TANQUE DE FLOCULACIÓN

### INTERVANTES:

MIRLY ALEXANDRA CARDOSO SANTOS

JESSICA CAMILA PARDO RODRIGUEZ

### CONVENCIONES:

Este plano es propiedad exclusiva de la Universidad de La Salle. En ningún caso podrá ser utilizado para fines que no haya sido autorizado, ni para ningún tipo de reproducción o comunicación a terceros sin nuestra autorización expresa. Toda infracción dará lugar a reclamación de daños y perjuicios.

### NOTAS:

### FECHA:

2024/02/18

### ESCALA:

INDICADA

### PLANO Nº:

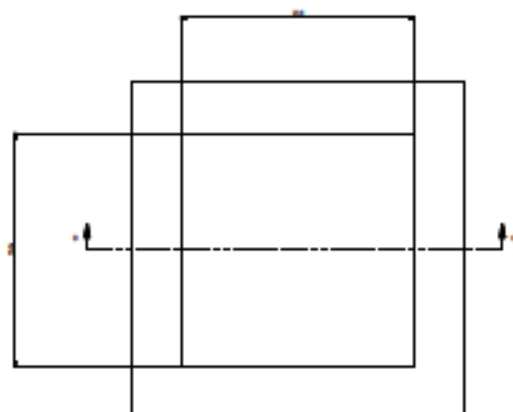
02

### PLANO:

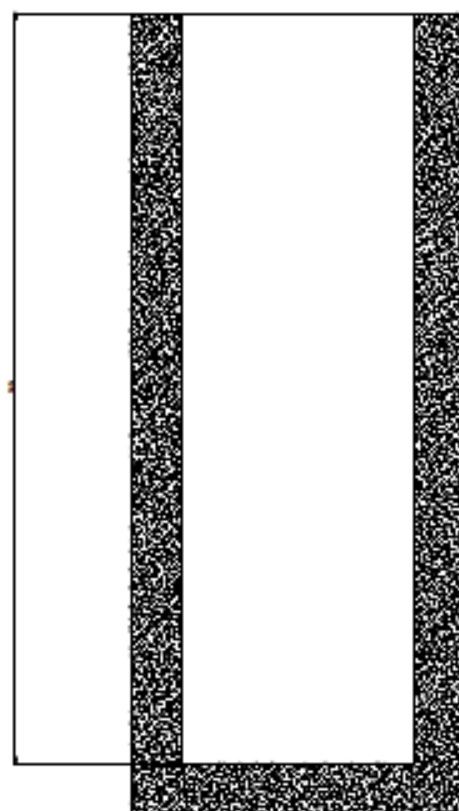
TANQUE DE FLOCULACIÓN

UNIVERSIDAD DE LA SALLE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROCESOS DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA

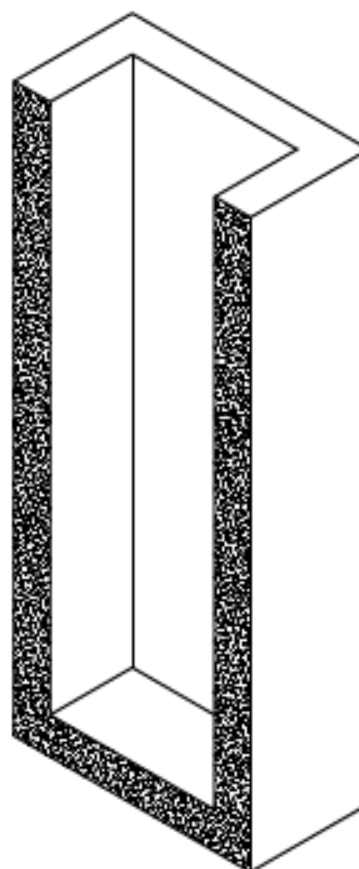
## **ANEXO 7. PLANO LECHO DE SECADO.**



VISTA EN PLANTA  
Escala: 1:10



SECCIÓN D-D  
Escala: 1:10



VISTA EN ELEVACIÓN  
Escala: 1:10

UNIVERSIDAD DE  
**LASALLE**

TRABAJO DE GRADO

PROYECTO:

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA  
LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS DURANTE EL  
PROCESO DE LAMPEO DE LA PAPA, CASO DE  
ESTUDIO: PLANTA DE LAVADO DE PAPA  
CUNDINAMARCA

CONTENIDO:

LECHO DE SECADO

INTEGRANTES:

MARLY ALEJANDRA CARDOSO SANTOS  
JESSICA CAMILA PARDO RODRIGUEZ

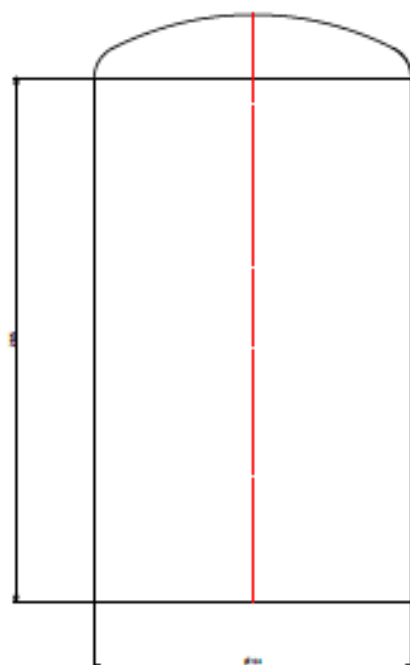
CONVENIO:

Este plano es propiedad exclusiva de la Universidad de La Salle.  
En ningún caso puede ser utilizado para fines que no haya sido autorizado,  
ni ser objeto de reproducción o comunicación al público sin el consentimiento  
expreso de la Universidad de La Salle.

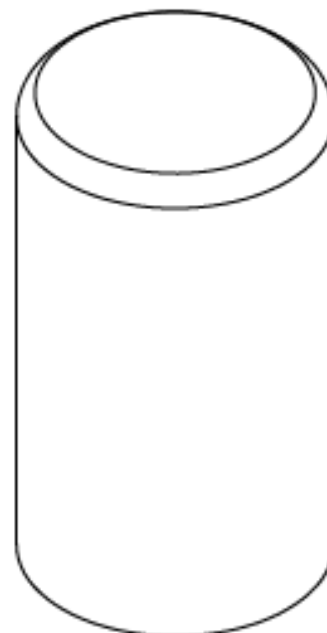
NOTAS:

FECHA:	03/03/2018	UNIVERSIDAD DE LA SALLE FACULTAD DE INGENIERIA PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
ESCALA:	INDICADA	
PLANO Nº:	02	
PLANO:	LECHO DE SECADO	

## **ANEXO 8. PLANOS DE FILTROS DE CARTUCHO.**



VISTA EN ELEVACIÓN  
ESCALA 1:1



VISTA EN ELEVACIÓN  
ESCALA 1:1

UNIVERSIDAD DE  
**LASALLE**

TRABAJO DE GRADO

PROYECTO:

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA  
LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS DURANTE EL  
PROCESO DE LAMPEO DE LA PAPA CASO DE  
ESTUDIO PLANTA DE LAVADO DE PAPA  
CUNDINAMARCA

CONTIENE:

FILTRO DE CARTUCHO

INTEGRANTES:

MARLY ALEJANDRA CARDOZO SANTOS  
JESSICA CAMILA PARDO RODRIGUEZ

CONVENCIONES:

Este plano es propiedad exclusiva de la Universidad de la Salle.  
Es un bien común que puede ser utilizado para fines que no impliquen lucro.  
No se permite su reproducción o modificación sin el consentimiento escrito de la Universidad de la Salle y/o sus filiales.

NOTAS:

FECHA:

30/01/2018

ESCALA:

INDICADA

PLANO N°:

01

PLANO:

FILTRO DE CARTUCHO

UNIVERSIDAD DE LA SALLE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA

## **ANEXO 9. PLANO GENERAL PLANTA DE TRATAMENTO.**

PROYECTO:

PROYECTO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS DURANTE EL PROCESO DE LIMPIEZA DE LA PAPA, CASO DE ESTUDIO: PLANTA DE LAVADO DE PAPA, QUINTA MARCA

CONTENIDO:

ENSAMBLE PLANTA

INTERINANTES:

MARLY ALEJANDRA CARDOSO SANTOS  
JESSICA CAMILA PARDO RODRIGUEZ

CONVENCIONES:

Este plano es propiedad exclusiva de la Universidad de La Salle. No se permite su reproducción o comunicación a terceros sin el consentimiento escrito de la Universidad de La Salle. Toda infracción será sancionada de acuerdo a la Ley 1712 de 2014.

NOTAS:

FECHA:

2024/04/16

ESCALA:

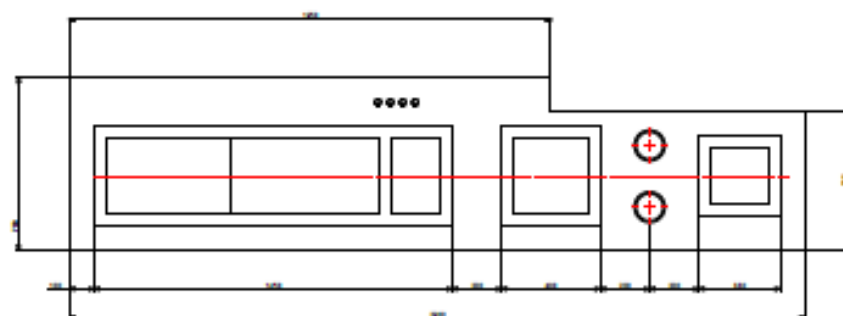
INDICADA

PLANO Nº:

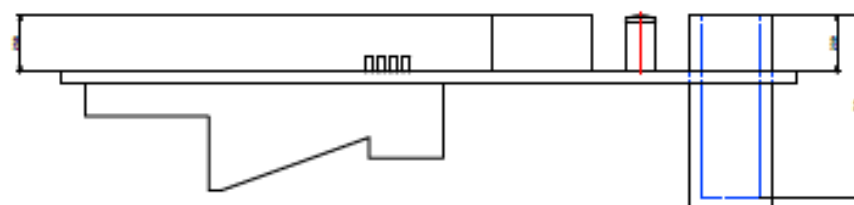
05

PLANO:

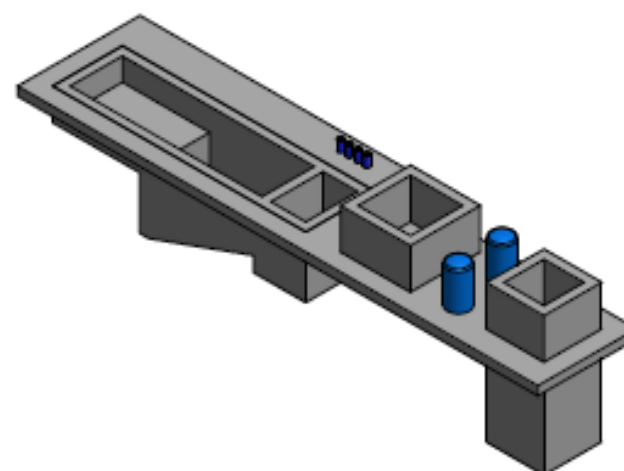
ENSAMBLE PLANTA



VISTA EN PLANTA  
ESCALA 1:10



VISTA EN ELEVACIÓN  
ESCALA 1:10



VISTA EN ELEVACIÓN  
ESCALA 1:10



## **ANEXO 10. PLANO PERFIL HIDRÁULICO.**



## TRABAJO DE GRADO

**PROYECTO:**  
PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS DURANTE EL PROCESO DE LIMPIEZA DE LA PAJA, CASO DE ESTUDIO PLANTA DE LAVADO DE PAJA QUINDIÁ MARCA.

### CONTIENE:

PERFIL HIDRAULICO

### INTEGRANTES:

MARLY ALJANERA CARDOSO BAYTOR  
JESSICA CAMILA PAREDO RODRIGUEZ

### CONVENCIONES:

— LÍNEA ROJA

Este plan es propiedad exclusiva de la Universidad de la Salle. En ningún caso puede ser utilizado para fines que no tengan dicho carácter, ni ser objeto de reproducción o comunicación a terceros sin licencia autorizada expresa, toda infracción dará lugar a reclamación de daños y perjuicios.

### Fecha:

### Fecha:

2020/04/04

### Fecha:

2020/04/04

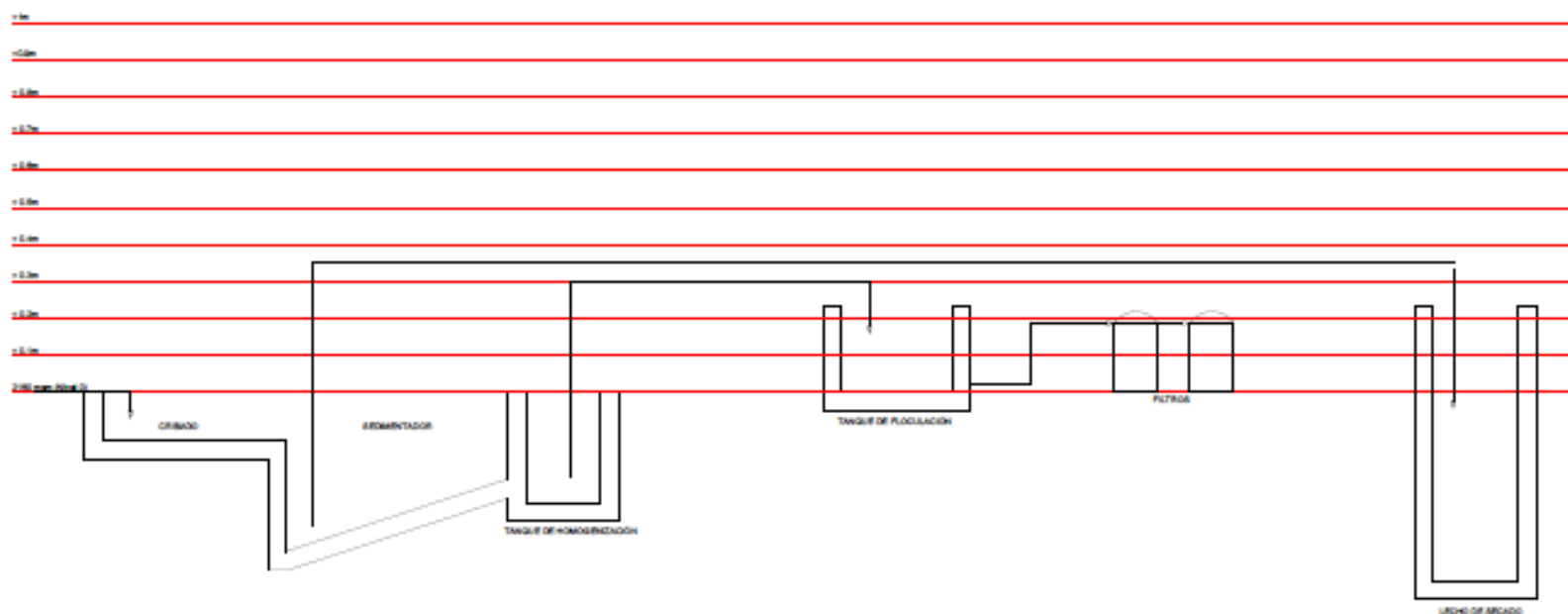
### Fecha:

2020/04/04

### Fecha:

UNIVERSIDAD DE LA SALLE FACULTAD DE INGENIERIA PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SUSTENTABLE

PERFIL HIDRAULICO



## ANEXO 11. INFORME DE RESULTADOS UN LODO

### REPORTE DE ANÁLISIS DE SUELO No. 1119-2017

Página 1 de 1



LABORATORIO DE SUELOS FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

FCA-L-FT-10.002.007

<b>Remitente:</b> Marly Alejandra Cardozo S.	<b>Finca:</b> No reporta	<b>Lote:</b> 1
<b>E-mail:</b> mcandozo09@unisa.edu.co	<b>Propietario:</b> Dagoberto F.	<b>Recibido:</b> 2017-10-02
<b>Dirección:</b> No reporta	<b>Municipio:</b> Pasca	<b>Reportado:</b> 2017-10-22
<b>Teléfono:</b> 3202522033	<b>Dpto:</b> Cundinamarca	<b>Recibo No.:</b> 7509/7510
<b>Ciudad:</b> Bogotá	<b>Cultivo:</b> No reporta	

### RESULTADOS

pH	CE dS/m	CO %	N %	Ca	K	Mg	Na	AI	CICE	CIC
5,5	ns	<0,17	<0,08	5,27	5,47	2,82	0,16	0,00	13,7	ns

ns: no solicitado

P	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B	Ar	L	A	Textura
9,08	ns	ns	ns	ns	ns	ns	22	30	48	F

Los resultados corresponden únicamente a las muestras suministradas por el usuario y analizadas en el laboratorio

PARÁMETRO	MÉTODOS DE ANÁLISIS	VALORACIÓN
pH	Suspensión suelo:agua (relación peso:volumen 1:1)	Potenciometría
CE: Conductividad eléctrica	Extracto de la pasta de saturación	Conductimétrica
CO: Carbono orgánico oxidable	Análisis elemental	
N: Nitrógeno total	Análisis elemental	
Ca, K, Mg, Na: Bases intercambiables	Extracción con NH <sub>4</sub> -Acetato 1M pH 7	Absorción Atómica
CIC: Capacidad de intercambio catiónico	Desplazamiento del NH <sub>4</sub> intercambiado con NaCl	Volumétrica
CICE: CIC Efectiva	Estimado por suma de bases y acidez intercambiables	
AI: Acidez intercambiable	Extracción con KCl 1M	Volumétrica
P: Fósforo disponible	Bray II	Colorimétrica
S: Azufre disponible	Extracción con fosfato monocalcico	Turbidimétrica
Cu, Fe, Mn, Zn: Microelementos	Extracción con DTPA	Absorción Atómica
B: Boro	Extracción con fosfato monocalcico	Colorimétrica
Arcilla (Ar), limo (L), arena (A)	Bouyoucos, dispersión con Na-Hexametafosfato	Densimétrica
Textura	Triángulo de clasificación textural USDA	

### NIVELES GENERALES DE REFERENCIA

Elemento	Clima	Alto	Medio	Bajo
N	Frio	>0.50	0.25-0.50	<0.25
	Medio	>0.25	0.15-0.25	<0.15
	Cálido	>0.20	0.10-0.20	<0.10

Elemento	Alto	Medio	Bajo
P	>40	20-40	<20
K	>0.35	0.15-0.35	<0.15
Ca	>6	3,0-6,0	<3
Mg	>2.5	1.5-2.5	<1.5

Coordinadora: *Marly Alejandra Cardozo S.*

RECUERDE: El plan de fertilización es más eficiente si Ud consulta con el profesional de Asistencia Técnica de su localidad

Laboratorio de Aguas y Suelos. Facultad de Agronomía. Edificio 500 Cuarto Piso  
Conmutador 316 5000 Extensiones 19088 ó 19049; Telefax 316 5498  
Correo electrónico: [labsuelos\\_fagbog@unal.edu.co](mailto:labsuelos_fagbog@unal.edu.co)  
Bogotá, Colombia

*Fuente: Autores*

## **ANEXO 12. MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.**

# MANUAL DE OPERACIÓN Y CONTINGENCIA

El manual de operación y contingencia describe los procedimientos que se deben seguir para que la planta de tratamiento funcione de manera adecuada

PLANTA DE  
LAVADO DE PAPA  
PASCA -  
CUNDINAMARCA

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	86
2. OBJETIVOS.....	86
3. FORMA DE OPERACIÓN DE LA PLANTA .....	86
4. CARACTERISTICAS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.....	88
5. ACTIVIDADES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO .....	88
5.1 Rejas de cribado .....	88
5.1.2 Frecuencia del mantenimiento.....	89
5.2 Desarenador.....	90
5.2.1 Frecuencia del mantenimiento.....	91
5.3 Tanque de homogenización.....	91
5.3.1 Frecuencia de mantenimiento.....	92
5.4 Floculador.....	92
5.4.1 Frecuencia del mantenimiento.....	94
5.5 Filtro cartucho de polipropileno y filtro cartucho de carbón activado .....	94
5.5.1 Frecuencia del mantenimiento.....	94
5.6 Lecho de secado .....	94
5.6.1 Frecuencia del mantenimiento.....	95
6. SEGURIDAD Y PREVENCIÓN.....	95
6.1 Equipo de protección personal (epp).....	96
6.2 salud .....	97
7. Bibliografía.....	98

## **1. INTRODUCCIÓN**

El trabajo de operación y mantenimiento en un sistema de tratamiento es necesario que se ejecute de manera adecuada para lograr una buena eficiencia en la remoción de material contaminante de acuerdo con lo esperado y considerando los parámetros de diseño empleados. Las labores de mantenimiento pueden ser ocasionales (preventivo) o rutinarias de operación dependiendo de la periodicidad con que se ejecuten. Con un mantenimiento correcto se previenen las emergencias o descuidos imprevisibles.

El Manual de Operación y Mantenimiento del Sistema de Tratamiento de las aguas residuales provenientes del lavado de papa en el municipio de Pasca-Cundinamarca, presenta los procedimientos esenciales para operar y mantener las siguientes unidades de tratamiento: Cribado, desarenador, tanque de homogenización, tanque de floculación, filtro cartucho de polipropileno, filtro cartucho de carbón activado granulado y lecho de secado; manual destinado a los responsables de la planta de lavado; como documento técnico y como guía para la capacitación en operación y mantenimiento del sistema. Se espera que constituya un instrumento útil para la correcta operación de este sistema.

## **2. OBJETIVOS**

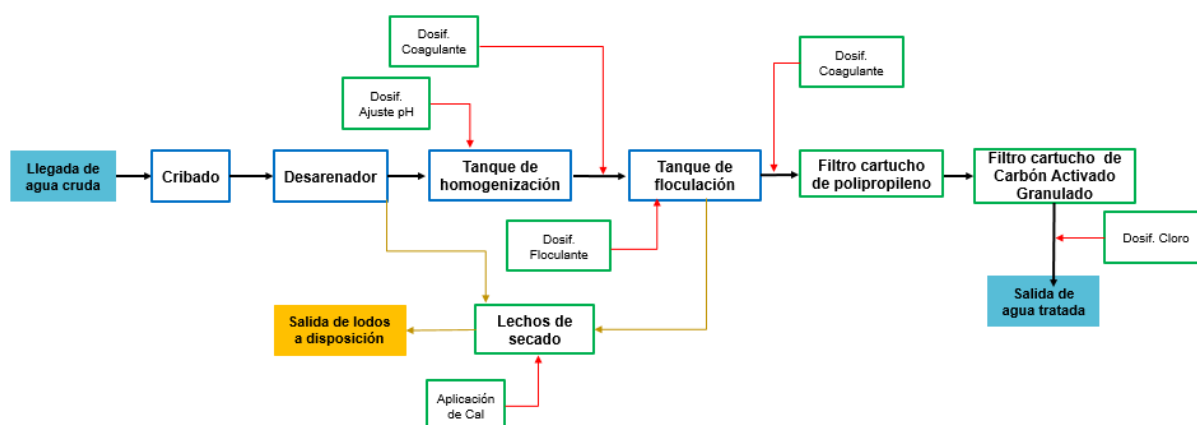
Mantener el adecuado funcionamiento del sistema de tratamiento, mediante el uso correcto de los procedimientos de operación y mantenimiento con el fin de solventar las consecuencias de los riesgos ambientales que pudieran suceder durante la operación de la planta de tratamiento.

## **3. FORMA DE OPERACIÓN DE LA PLANTA**

El sistema de tratamiento para las aguas residuales provenientes del lavado de papa en el municipio de Pasca-Cundinamarca consiste en un cribado que permite separar material grueso del agua; un desarenador que tiene por objeto separar del agua cruda la arena y partículas en suspensión gruesa; un tanque de homogenización que sirve para regular o disminuir los efectos

de la variación del flujo o de la concentración del agua residual; un tanque de floculación que tiene como finalidad la aglomeración de partículas desestabilizadas en microfloculos y después en los flóculos más grandes que tienden a depositarse en el fondo luego de adicionar productos químicos; un filtro cartucho de polipropileno y un filtro cartucho de carbón activado granulado que permiten eliminar el porcentaje de solidos e impurezas que quedan después de la floculación; un lecho de secado que tiene el propósito de deshidratar los lodos que quedan del lavado

**ILUSTRACIÓN 1. ESQUEMA DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.**





#### 4. CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

**TABLA 24. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.**

CARACTERÍSTICAS	MEDIDA
<b>Cribado</b>	
Largo (L) m	0,5
Ancho (A) m	0,31
Altura (H) m	0,15
<b>Desarenador</b>	
Área (A) m <sup>2</sup>	1,96
Largo (L) m	0,6
Ancho (A) m	0,31
Altura (H) m	0,3
<b>Tanque de homogenización</b>	
Volumen (V) m <sup>3</sup>	0,012
Ancho (A) m	0,2
Largo(L) m	0,2
Altura (H) m	0,3
<b>Floculador</b>	
Área (A) m <sup>2</sup>	0,071
Ancho (A) m	0,3
Altura (H) m	0,23
Borde libre (m)	0,03
<b>Filtro de polipropileno y de carbón activado</b>	
Caudal (lpm)	11
<b>Lechos de secado</b>	
Área (A) m <sup>2</sup>	0,06
Largo (L) m	0,23
Ancho (A) m	0,25
Altura (H) m	0,74

*Fuente: Autores*

#### 5. ACTIVIDADES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

A continuación se muestra la operación y mantenimiento para cada unidad:

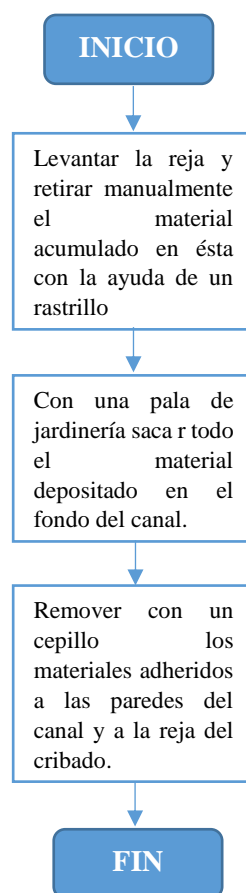
##### 5.1 Rejas de cribado

Las rejas de cribado de la planta de tratamiento tienen por finalidad retener cuerpos extraños o sólidos gruesos que alteran los procesos de tratamiento debido a que pueden obstruir tuberías, orificios, etc., por ejemplo, ramas, raíces, papas de tamaño muy pequeño, entre otros, y una vez ingresan a la planta resulta difícil su remoción.

### Pasos a seguir para realizar las labores de mantenimiento:

- ✓ Levantar la reja y retirar manualmente el material acumulado en ésta con la ayuda de un rastrillo
- ✓ Con una pala de jardinería sacar todo el material depositado en el fondo del canal
- ✓ Remover con un cepillo la lama y demás materiales que se adhieren a las paredes del canal y a la reja de cribado.

### Flujograma



#### 5.1.2 Frecuencia del mantenimiento

Para decidir sobre la necesidad de limpieza, un criterio importante es la pérdida de carga que se produce en el paso a través de las rejillas, es decir, si el agua supera el vertedero de excesos, se debe proceder a su limpieza.

A pesar de que se requerirá como mínimo una limpieza por día, esta labor se efectuará preferentemente al finalizar el tratamiento del agua. No se debe aceptar que el porcentaje de obstrucción supere el 60% de la superficie útil de la reja.

La frecuencia de la limpieza depende de algunos factores tales como:

- ✓ Cantidad de raíces con las que llegan los bultos de papa a ser lavados
- ✓ Tamaño de la rejilla. La frecuencia de la limpieza será entonces a juicio del operador, pero por lo menos debe ser diaria.

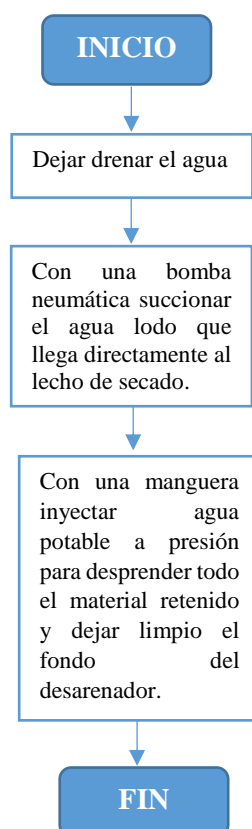
## 5.2 Desarenador

El desarenador se ubica inmediatamente aguas abajo de las rejillas de cribado y permite retener los sólidos suspendidos de menor tamaño factibles de decantar, como por ejemplo: material fino, arena u otro elemento inerte no retenido en la cámara de rejillas. Estos son indispensables para evitar la acumulación de arena y demás material inerte en los estanques de las demás unidades de tratamiento.

**El siguiente es el procedimiento para la remoción del agua lodo y limpieza de la unidad:**

- ✓ Dejar drenar el agua hasta obtener una consistencia más sólida de los sedimentos, para proceder a retirarlos.
- ✓ Con una bomba neumática de doble diafragma succionar el agua lodo que llega directamente al lecho de secado.
- ✓ Además, se dispondrá de una manguera que inyecte agua potable a presión para desprender todo el material retenido y dejar limpio el fondo del desarenador.

## Flujograma



### 5.2.1 Frecuencia del mantenimiento

La limpieza del desarenador se debe efectuar de acuerdo con la cantidad de lodo acumulado. Normalmente será cada 8 días, a fin de prevenir que los estanques de acumulación se colmaten y que el material pueda ser removido del estanque hacia la unidad de tratamiento. Esta labor también será controlada durante la puesta en marcha de la planta, a fin de determinar con más precisión la frecuencia óptima de limpieza.

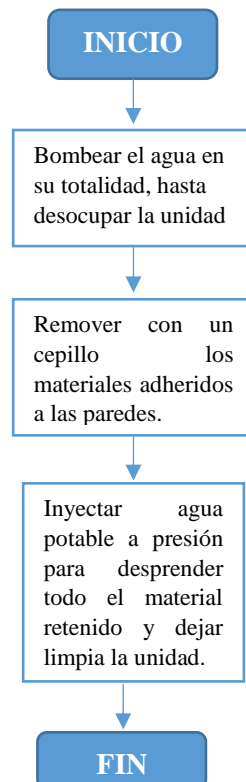
### 5.3 Tanque de homogenización

Los tanques de almacenamiento están diseñados para adaptarse a las necesidades específicas de los sistemas de tratamiento de aguas residuales y son aptos para todas las etapas del mismo, incluyendo tanques de floculación, de mezcla y de sedimentación.

**Pasos a seguir para realizar las labores de mantenimiento:**

- ✓ Bombear el agua en su totalidad, hasta desocupar la unidad
- ✓ Remover con un cepillo los materiales adheridos a las paredes
- ✓ Además se debe inyectar agua potable a presión para desprender todo el material retenido y dejar limpia la unidad.

### Flujograma



#### 5.3.1 Frecuencia de mantenimiento

La frecuencia de limpieza del tanque será entonces a juicio del operador, pero por lo menos debe ser cada 8 días.

#### 5.4 Floculador

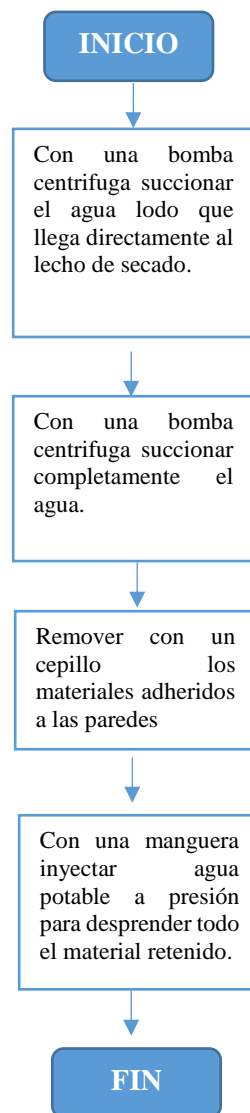
Los floculadores, están diseñados para brindar la acción de mezclado y el tiempo de retención requeridos para coagular y flocular adecuadamente los sólidos en el agua residual.

(SYSTEMS INTERNATIONAL, 2015)

**El siguiente es el procedimiento para la remoción del agua lodo y limpieza del floculador:**

- ✓ Con una bomba centrífuga succionar el agua lodo que llega directamente al lecho de secado.
- ✓ Con una bomba centrífuga succionar completamente el agua
- ✓ Remover con un cepillo los materiales adheridos a las paredes
- ✓ Con una manguera inyectar agua potable a presión para desprender todo el material retenido.

**Flujograma**



#### 5.4.1 Frecuencia del mantenimiento

La limpieza del Floculador se debe efectuar de acuerdo con la cantidad de masa aglomerada acumulada. Normalmente la frecuencia será diaria, para así evitar que los sólidos que están adheridos del día anterior en el tanque se mezclen con el agua tratada.

### 5.5 Filtro cartucho de polipropileno y filtro cartucho de carbón activado

La filtración por cartuchos consiste en hacer circular, mediante presión, un fluido por el interior de un portacartuchos en el que se encuentran alojados los cartuchos filtrantes. El fluido atraviesa el cartucho filtrante dejando en éste retenidos todos los contaminantes seleccionados. (sefiltra, 2017)

#### 5.5.1 Frecuencia del mantenimiento

Los filtros cartucho se cambiarán a juicio del operador, evitando que se colmaten pero por lo menos se debe reemplazar 1 vez al mes.

### 5.6 Lecho de secado

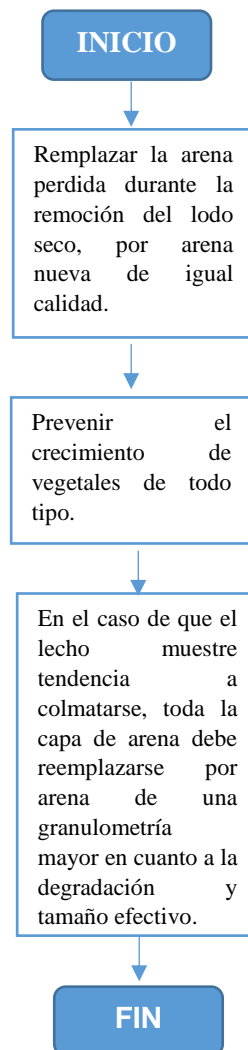
El lecho de secado al aire corresponde a un proceso natural, en que el agua contenida intersticialmente entre las partículas de lodos es removida por evaporación y filtración a través del medio de drenaje de fondo. En este sistema no es necesario adicionar reactivos ni elementos mecánicos ya que está previsto un secado lento.

#### **Pasos a seguir para realizar las labores de mantenimiento:**

- ✓ El mantenimiento del lecho consiste en reemplazar la arena perdida durante la remoción del lodo seco, por arena nueva de igual calidad.
- ✓ Se debe prevenir el crecimiento de vegetales de todo tipo

- ✓ En el caso de que el lecho muestre tendencia a colmatarse, toda la capa de arena debe reemplazarse por arena de una granulometría mayor en cuanto a la degradación y tamaño efectivo.

### Flujograma



#### 5.6.1 Frecuencia del mantenimiento

El mantenimiento del lecho será a juicio del operador, teniendo en cuenta que no se colmate.

### 6. SEGURIDAD Y PREVENCIÓN

El sistema de tratamiento del agua residual proveniente del lavado de papa en el municipio de Pasca - Cundinamarca, tiene tratamientos primarios y secundario, esto se debe tener en cuenta durante el proceso de la operación del sistema y para la seguridad del personal. Todo el personal



debe conocer el contenido del manual de operación y mantenimiento, y la persona encargada de la planta de lavado periódicamente debe recordar al personal de los puntos clave referentes a la seguridad laboral.

### 6.1 Equipo de protección personal (epp)

Se describe el equipo a utilizar y se hace énfasis en que los operadores verifiquen el buen estado de los mismos antes de usarlos y que informen si éste está dañado o deteriorado (Cristales, 2001).

**TABLA 2. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL.**

<b>ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL</b>		
<b>ELEMENTO</b>	<b>CUIDADO</b>	<b>FOTO</b>
Overol	Protección Cuerpo	
Monogafas	Protección Ojos	
Tapabocas industrial	Protección Nariz y boca	
Guantes de Caucho Largos	Protección Brazos	

*Fuente: Autores*

Las técnicas de prevención de accidentes se describen a continuación:

- Aseo y orden: La primera medida de prevención de accidentes y enfermedades es el aseo y orden correcto de las instalaciones, por lo cual al operador se le proporcionan

actividades y sugerencias, que pueden ser colocadas en letreros grandes a la vista de estos.

- Uso adecuado de herramientas: Se proporciona al operador una serie de recomendaciones para su uso, además se explica que su uso inadecuado es causa de accidentes de trabajo o del deterioro o pérdida de las mismas.
- Señalización: Como una medida de seguridad, se recomiendan los tipos de señales a utilizar en el sistema de tratamiento.

## 6.2 salud

Las aguas residuales son una fuente de enfermedades e infecciones virales.

El riesgo de infección existe por el contacto con:

- ✓ El agua: afluente y efluente
- ✓ Lodo o sedimentos

Para minimizar los riesgos de salud se tienen las siguientes recomendaciones:

- Evitar comer y tomar dentro de las instalaciones de la planta.
- Utilizar botas y guantes para evitar el contacto directo con el agua o residuos sólidos.
- Después de realizar trabajos en la planta se deben lavar las manos con jabón desinfectante o alcohol.
- Se debe evitar el contacto de heridas abiertas con agua o lodo.

Además, la salud ocupacional es un aspecto descuidado por los operadores, por lo cual en esta sección se desarrolla desde tres puntos de vista:

- Medidas de primeros auxilios: Contiene además del concepto de primeros auxilios, instrucciones prácticas para hacer frente a eventualidades que puedan ocurrir dentro de las plantas de tratamiento o en la vida cotidiana.

- Medidas de higiene personal: Se establecen los requerimientos de higiene personal que el operador de las plantas de tratamiento debe observar a fin de proteger su salud.
- Controles médicos: Se establecen controles médicos periódicos y vacunas que deben suministrarse a los operadores.

## 7. Bibliografía

- Cardozo Santos, M., & Pardo Rodriguez, J. (2018). *PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS DURANTE EL PROCESO DE LIMPIEZA DE LA PAPA; CASO DE ESTUDIO PLANTA DE LAVADO DE PASCA, CUNDINAMARCA*. Bogotá.
- Cristales, M. A. (2001). *Biblioteca virtual en desarrollo sostenible y salud ambiental*. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/centroa22/Ponencia38.pdf>
- sefiltra. (30 de 01 de 2017). *sefiltra*. Obtenido de <http://www.sefiltra.com/filtros-de-cartucho-cartuchos-filtrantes.php>
- SYSTEMS INTERNATIONAL. (2015). *frcsystems*. Obtenido de <http://frcsystems.com/flocculators-daf-systems/?lang=es>